

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Využití slunečního záření pro ohřev bazénové vody

Use of Solar Radiation for Heating of Swimming Pool Water

Student:

Bc. Václav Vrzgula

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Václav Vrzgula**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T006 Energetické stroje a zařízení
Téma: **Využití slunečního záření pro ohřev bazénové vody**
Use of Solar Radiation for Heating of Swimming Pool Water
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhnete způsob využití slunečního záření pro ohřev bazénové vody (BV) v krytém bazénu v Orlové.

Technická dokumentace bude obsahovat:

- 1) stanovení množství tepla pro ohřev BV a rozložení spotřeby v průběhu roku,
- 2) návrh způsobu využití slunečního záření pro ohřev bazénové vody,
- 3) kapacitní a bilanční výpočty solárních zisků,
- 4) stanovení environmentálního přínosu, ekonomické zhodnocení,
- 5) výkresovou dokumentaci se schématem zapojení a dispozičním návrhem systému.

Seznam doporučené odborné literatury:

KAMINSKÝ, J., VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80-7078-445-8.

CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.

MORAN, M. J., SHAPIRO, H. N. *Fundamental of Engineering Thermodynamics*. 2. vyd. New York: John Wiley & Sons Inc., 1992. 844 s. ISBN 0470030372.

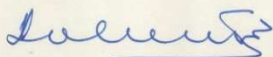
MATUŠKA, T. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009. 194 s. ISBN 978-80-02-02186-5.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Ing. Kamil Kolarčík, CSc.
vedoucí katedry

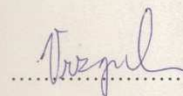


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 15. 5. 2017

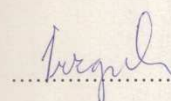
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Tregul', written over a dotted line.

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 15. 5. 2017



Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Václav Vrzgula

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Janovice 481, 739 11 Frýdlant n. O.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

VRZGULA, Václav. *Využití slunečního záření pro ohřev bazénové vody*. Ostrava, 2017. Diplomová práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky. 75 stran. Vedoucí práce: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Předmětem této diplomové práce je návrh solárního systému a využití slunečního záření pro ohřev bazénové vody. Návrh je specifikován na veřejný, krytý bazén ve městě Orlová – Lutyně. V úvodní části je práce zaměřena na teoretický rozbor využití slunečního záření a solárních systémů v obecné rovině. Praktická část se zabývá stanovením množství tepelné energie pro ohřev vody ve velkém bazénu, vírívce a dětském brouzdališti s následným návrhem solárního systému. Součástí práce je návrh hydrauliky potrubí včetně výpočtů a výkresové dokumentace se schématy. Dále je provedena sumarizace celého systému s popisem veškerých potřebných komponentů soustavy. Na závěr je vytvořeno environmentální a ekonomické zhodnocení celého návrhu, potřebné investiční náklady a návratnost celého projektu.

Klíčová slova

Sluneční záření, solární systém, krytý bazén, ohřev bazénové vody

ANNOTATION OF MASTER THESIS

VRZGULA, Václav. *Use of Solar Radiation for Heating of Swimming Pool Water*. Ostrava, 2017. Master Thesis. VŠB-Technical university of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Power engineering. 75 pages. Supervisor: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

The subject of this thesis is a proposal of a solar system and the use of solar energy for heating the water of swimming pools. Proposal is focused on a public indoor swimming pool in the city of Orlová - Lutyně. The first part is dedicated to the theoretical analysis of the use of solar energy and solar systems generally. Practical part is dealing with a specification of the amount of thermal energy for heating a water in a big pool, whirlpool and in a children's paddling pool with the consecutive proposal of a solar system. Part of the thesis also gives a proposal of hydraulics of the pipe system including the calculations and a drawing documentation with schemes. Further on, a summarize of the whole system is done with a description of all the necessary components of the system. In the conclusion, an environmental and economical evaluation of the whole proposal is done, including all the necessary investments and the rentability of the whole project.

Keywords

Solar radiation, solar system, indoor swimming pool, heating of pool water

Seznam použitých značek a symbolů

CZT – centrální zdroj tepla

ČSN EN - harmonizovaná evropská norma

EPDM – typ kaučukové izolace

IAM – modifikátor úhlu dopadu

KB – krytý bazén

OZE – obnovitelný zdroj energie

TS 500 – velkoplošný plochý kolektor (Thermo/solar)

TRNSYS – výpočtový program

TUV – teplá voda

TZB – technická zařízení budov

ŽB – železobeton

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Solární energie	12
2.1 Technické využití solární energie.....	13
2.1.1 Pasivní systém	14
2.1.2 Aktivní systém.....	15
2.2 Použití solárního ohřevu.....	15
2.2.1 Solární vytápění.....	15
2.2.2 Ohřev pitné vody (OPV)	16
2.2.3 Ohřev bazénové vody	16
2.3 Ovlivnění výkonu solárního systému	18
2.3.1 Azimut α	18
2.3.2 Úhel sklonu β	18
2.3.3 Stagnace	18
2.3.4 Stínění kolektorů	19
2.3.5 Teplonosné médium	20
2.4 Způsoby provozu termické soustavy	21
2.4.1 High – Flow	21
2.5 Low – flow	21
3. Krytý bazén Orlová, praktická část.....	23
3.1 Popis současného stavu	24
3.1.1 Současný zdroj tepelné energie	24
3.1.2 Spotřeba energie na ohřev bazénové vody	25
4. Dosavadní spotřeba tepelné energie.....	26
4.1 Potřeba energie pro ohřev velkého bazénu	26
4.2 Potřeba energie pro ohřev vířivky a brouzdaliště.....	27
5. Využití sluneční energie Orlová	28
5.1 Solární soustava.....	29
5.2 Volba typu kolektoru.....	29
6. Varianty návrhů solární soustavy.....	30
6.1 Ohřev velkého bazénu	30
6.2 Ohřev dětského brouzdaliště a vířivky:.....	31
6.2.1 pomocí termické soustavy	31

6. 2. 2	Pomocí rekuperace odpadního tepla a termické soustavy.....	31
7.	Návrh ohřevu velkého bazénu (Systém č. 1)	31
7. 1	Návrh plochy solárních kolektorů	33
7. 2	Stanovení výkonu a účinnosti	34
7. 2. 1	Modifikátor úhlu dopadu.....	34
7. 2. 2	Stagnační teplota	36
8.	Ohřev vířivky a dětského brouzdaliště (systém č. 2)	44
8. 1	Návrh akumulční nádrže.....	49
9.	Využití rekuperace tepla (systém č. 3).....	49
9. 1	Návrh systému.....	49
9. 1. 1	Rekuperace tepla	50
9. 1. 2	Návrh výměníku	50
9. 1. 3	Návrh solárního systému	51
10.	Kompletace systému č. 1 a č. 2	53
11.	Komponenty soustavy	54
11. 1	Potrubní rozvody	54
11. 1. 1	Návrh hydrauliky potrubí	55
11. 1. 2	Výpočet potrubí.....	55
11. 2	Čerpadlová jednotka.....	56
11. 3	Teplonosná kapalina.....	57
11. 4	Nosná konstrukce	57
11. 4. 1	Specifikace rizik	58
11. 5	Zabezpečovací zařízení	58
11. 6	Výměníky tepla	58
12.	Stanovení environmentálního přínosu.....	59
13.	Ekonomické posouzení	61
13. 1	Investiční náklady	61
13. 2	Stavební práce a investice	62
13. 3	Investice solární soustavy.....	62
13. 4	Investice potrubí.....	62
13. 5	Ostatní	63
13. 6	Sumarizace	64
14.	Provozní náklady	64

15.	Energetické zisky solární soustavy	65
16.	Návratnost investičních nákladů	65
16. 1. 1	Dotační možnosti.....	67
17.	Závěr.....	68
	Seznam použité literatury:.....	70
	Seznam tabulek:	73
	Seznam obrázků:	74
	Seznam příloh:.....	75

1. Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhem využití slunečního záření pro ohřev bazénové vody na krytém bazénu v Orlové – Lutyni. Sluneční záření je nevyčerpatelný obnovitelný zdroj energie a pomocí technických prostředků lze tuto energii významným způsobem využívat. Ohřívat bazénovou vodu lze několika způsoby, od konvenčních zdrojů přes sluneční energii až po využití rekuperace tepla. V této práci je realizován návrh samostatného solárního ohřevu a solárního ohřevu v kombinaci s rekuperací odpadního tepla.

V úvodní části je práce zaměřena na teoretický rozbor využití slunečního záření a solárních systémů. Její součástí je technické využití termických soustav a základní prvky ovlivňující výkon kolektorů. V další části se práce zabývá rozбором krytého bazénu v Orlové, jeho popisem nynějšího stavu a využití současných zdrojů energie pro ohřev vody včetně potřeb.

Praktickou část tvoří stanovení množství tepelné energie pro ohřev vody ve velkém bazénu, vířivce a dětském brouzdališti s následným návrhem solárního systému. Je proveden výpočet charakteristické účinnosti kolektoru a přesný návrh počtu kolektorů a kolektorových polí na základě hodinových údajů intenzity slunečního záření, dopadajícího v oblasti Orlové. Návrh solárního systému je rozdělen na 2 dílčí úseky, pro ohřev velkého bazénu (systém č. 1) a pro ohřev vířivky a brouzdaliště (systém č. 2). Navržen je také solární systém v kombinaci s rekuperací tepla (systém č. 3) vypouštěné vody z vířivky a brouzdaliště. Je vypočteno množství tepelné energie získané solární soustavou a provedena energetická bilance znázorněna v tabulkách a grafech.

V další části je navržen hydraulický systém rozvodů potrubí včetně výpočtů a výkresové dokumentace se schématy zapojení. Dále je provedena sumarizace celé solární soustavy, tzn. systému č. 1 a 2, včetně energetických zisků a popisem veškerých potřebných komponent. Zřetel je také brán na podmínky případné realizace, s tím spojené statické posudky a stavební úpravy nosných konstrukcí objektu.

Na závěr je vytvořeno enviromentální a ekonomické zhodnocení celého návrhu, potřebných investičních nákladů a následně návratnost celého projektu.

2. Solární energie

Slunce lze považovat za dokonale černé těleso, které je z fyzikálního hlediska fúzním reaktorem. Průběh vzniku záření začíná samotným rozkladem atomů, kdy se atomy vodíku mění na hélium a při tom se uvolňuje obrovské množství energie. Tato energie následně putuje vesmírem ve formě elektromagnetického záření, jehož část dopadá až na Zemi. Solární záření se měří již na periferii zemské kůry, přibližně ve výšce satelitů, kde se vyskytuje proud energie asi 1360 W/m^2 , což označujeme jako tzv. sluneční konstantu. Velikost záření, dopadajícího na zemský povrch, se mění průchodem atmosférou, a z důvodu rozptýlení, absorpcí a reflexí, dochází ke snížení energie dopadajících paprsků. [1]

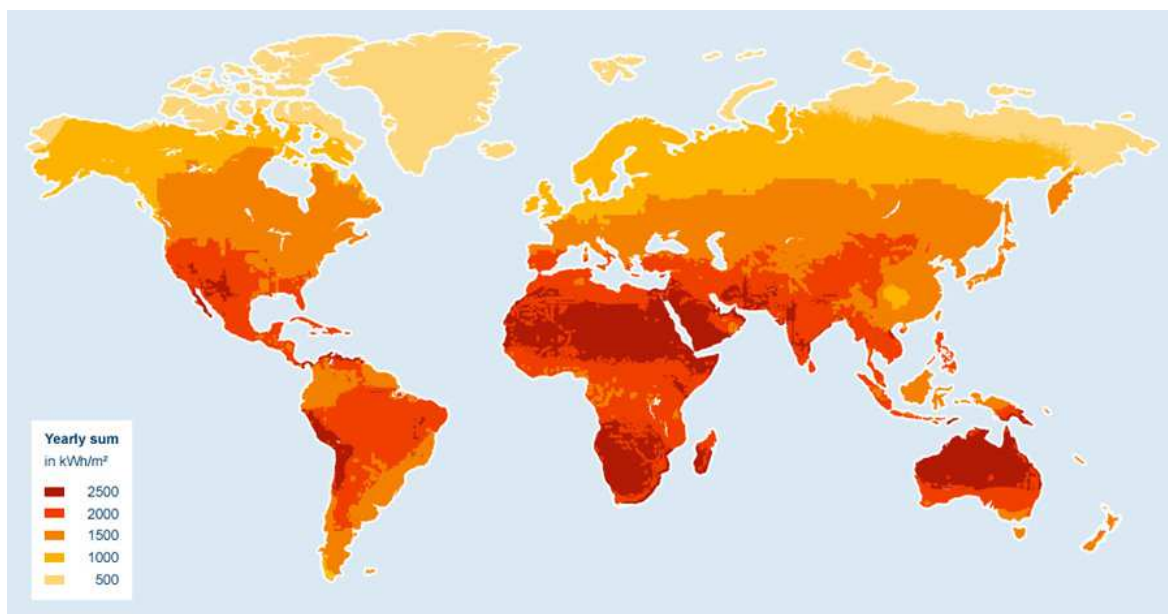
Hlavní záření, které dopadá na Zemi při jasné, bezmračné obloze, je záření přímé, které lze koncentrovat například zrcadly. Při rozptýlu v mracích a na částech prachu v atmosféře vzniká tzv. difúzní záření neboli záření oblohy. Toto záření nelze koncentrovat, proto nehraje v solární technice takovou roli. Souhrn přímého a difúzního záření je globální záření, tedy celkové. Výkony slunečního záření během dne a podíl difúzního záření na celkovém viz. Tab. č. 1. [3]

Počasí	Záření [W/m^2]	Difúzní podíl [%]
Jasná letní obloha	800-1000	10
Zamlžená letní obloha	600-900	až 50
Zatažená podzimní obloha	100-300	100
Zatažený zimní den	50	100
Celoroční průměr	600	50-60

Tab. 1 Výkony zářivé energie a podíl difúzního záření při různých podmínkách

Zdroj: [2]

Roční množství sluneční energie, které dopadá na území České republiky, se pohybuje od 1000 do 1200 kWh/m². Nejvyšší hodnoty slunečního svitu jsou na jižní Moravě, naopak nejslabší na severu Čech. V celosvětovém měřítku se Evropa nachází v horším průměru, od přibližně 900 do 1400 kWh/m². Největší hodnoty záření na Zemi jsou naměřeny v pouštích Afriky, Austrálie a Ameriky kde se pohybují okolo 2200 kWh/m². Rozvrstvení ročních hodnot slunečního záření dopadající na naši planetu je zobrazeno na obrázku č. 1.



Obr. 1 Rozvrstvení hodnot slunečního záření dopadajícího na Zemi

Zdroj: [11]

2.1 Technické využití solární energie

Slunce je nekonečný, obnovitelný zdroj energie, a lidé se stále více přiklání k využití právě tohoto OZE, jelikož je na Zemi všude a je ho dostatek. Již od pradávna se sluneční záření využívalo k přeměně na tepelnou energii. K tomu slouží solární, nebo také termické kolektory zapojené do solární soustavy. Tato termická soustava se skládá z kolektorů, rozvodů, výměníků, akumulčních nádrží, pojistných zařízení, řídicí jednotky. Jako celek funguje k ohřevu teplé vody do bazénů, vytápění, či přípravě TUV. [4]

Od nedávna se lidstvo posunulo dále, a začalo využívat sluneční záření také k přímé výrobě elektrické energie pomocí fotovoltaických článků nebo nepřímé výrobě, při využití koncentrovaného tepla k výrobě páry a následně k výrobě elektrické energie. Technické

využití slunečního záření se dělí do dvou hlavních skupin na pasivní a aktivní systémy, viz. obrázek č. 2.



Obr. 2 Schéma technického využití solárního záření

Zdroj: [12]

2. 1. 1 Pasivní systém

U pasivních systémů nedochází k přeměně tepla pomocí zvláštních technických zařízení, jedná se o přirozenou cestu zachycení slunečního záření a přenosu tepla přímo objektem nebo částí stavby. Objekt je navrhnut tak, aby architektonické a konstrukční řešení maximalizovalo tepelné zisky ze slunečního záření v otopném období. Dojde tak k vnějším tepelným ziskům od oslunění a podpoře či úplnému vytápění objektu. Dbát se tak musí zejména na dispoziční řešení místností a orientaci stavby. [9]

Zásady řešení pasivních systémů:

- Orientace budovy podélně směr východ/západ
- Osvícení jižního průčelí budovy v zimním období cca. od 9 do 15 hod.
- Často používané a více vytápěné místnosti jsou situovány na jih
- Využívání stínění jižní strany k omezení oslunění interiéru v letním období
- Osluněné stavební konstrukce musí mít dostatečnou absorpční a akumulaci schopnost

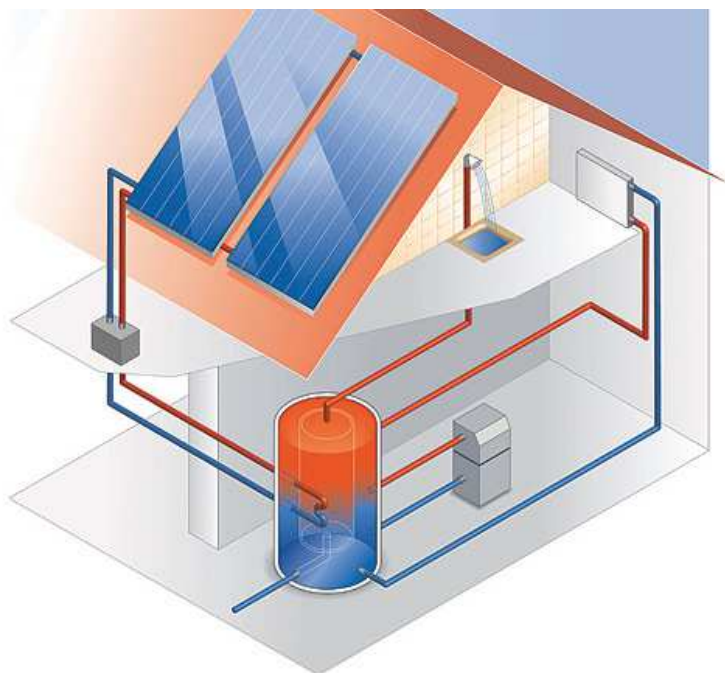
2. 1. 2 Aktivní systém

Aktivní solární systém je řešen jako samostatný technický celek, který funkčně nesouvisí s objektem. Účelem systému je skrze termické kolektory přenést teplo do média, a dále potrubními rozvody přes výměník tepla akumulovat získanou tepelnou energii. Aktivní systém může být řešen jako samotížný, nebo s nuceným oběhem, kdy je kapalina poháněna čerpadly a spínání je řízeno termoregulačním čidlem. Teplonosným médiem v okruhu bývá nejčastěji nemrznoucí směs, která oproti vodě může být v kolektorech po celý rok, a při minusových teplotách se nemusí vypouštět. [10]

2. 2 Použití solárního ohřevu

2. 2. 1 Solární vytápění

Pro vytápění domů jsou dnes nejčastěji používány kotle na fosilní, či plynná paliva. S rostoucími cenami těchto paliv a zvyšujícími se požadavky na ochranu ovzduší je částečná náhrada klasických zdrojů energií solárním vytápěním zajímavým aspektem. Ideální je použití kolektorů právě v kombinaci s jiným zdrojem energie, jelikož nabídka sluneční energie není stálá, a v topném období velice krátká. V malých objektech a rodinných domech s nízkoteplotními vytápěcími systémy lze úspěšně aplikovat solární vytápění i v zimních měsících při nízké intenzitě slunečního záření.



Obr. 3 Použití solárního ohřevu pro částečné vytápění

Zdroj: [13]

Solární systém nám může kompletně pokrýt tepelné ztráty budovy, ale pouze u nízkoenergetických, pasivních nebo nulových domů, kde je potřeba energie na pokrytí tepelných ztrát minimální. Zapotřebí je větší kolektorové pole nežli pro tradiční ohřev pitné vody a větší akumulční nádrž. Ovšem vstupní investice je obrovská, pro pokrytí 100 % potřeby tepelné energie u nízkoenergetického domu je zapotřebí 50 m² kolektorové plochy a asi 30 m³ objemu zásobníku. Z tohoto důvodu se častěji využívá kombinace hlavního zdroje tepla v kombinaci s kolektory, které pokryjí asi 30 % tepelné energie domu. [2]

2. 2. 2 Ohřev pitné vody (OPV)

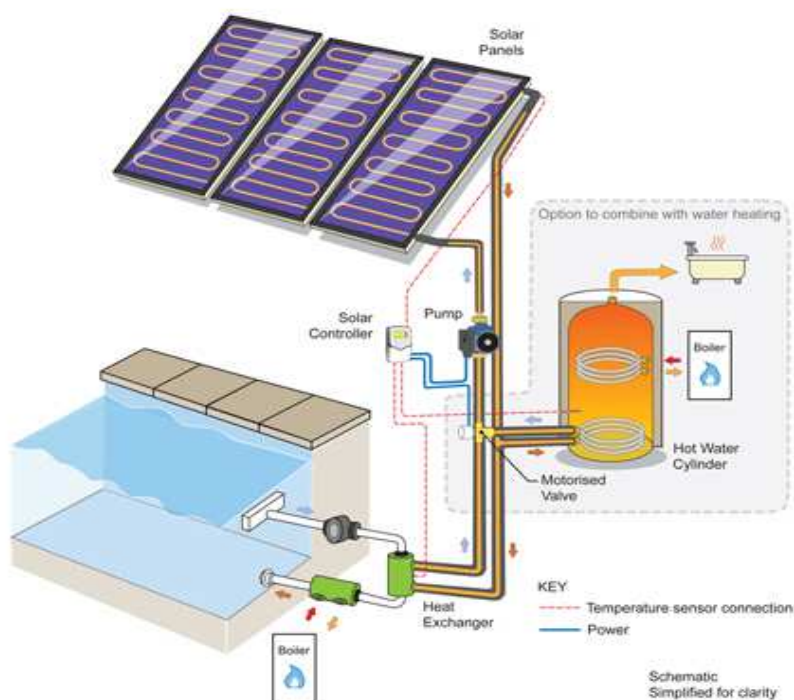
Ohřev pitné vody patří u nás k nejvýznamnějšímu využití v oblasti termické solární energie. Jelikož je potřeba teplé vody po celý rok, nejen v zimě, jako je tomu u vytápění, dosahuje procento využití solární soustavy mnohonásobně vyšších hodnot. V letním období, při správném dimenzování, může být zásobování teplou vodou (45 až 60 °C) dosaženo trvale bez dodatečného zdroje energie. Kotelná tak může být trvale odstavena, a v přechodných obdobích začátkem jara a podzimu, mohou solární kolektory výrazně podpořit výrobu tepla z hlavního zdroje energie. Technické nároky na solární systém jsou vysoké, jelikož teplota vody je požadována minimálně na 45 °C, musí se studená voda ohřát o 35 °C (při teplotě vody z vodovodního řádu 10°C). Kolektory na ohřev pitné vody jsou v provozu celoročně, protože mohou i za jasných zimních dnů přetransformovat pozoruhodné množství energie. Z tohoto důvodu musí být teplonosným médiem nemrznoucí kapalina, a proto se solární okruh s nemrznoucí směsí a akumulční nádrž s pitnou vodou oddělují tepelným výměníkem. [2]

2. 2. 3 Ohřev bazénové vody

Ohřev bazénové vody solárními kolektory je ideální technické využití, jak snížit provozní náklady za potřebnou energii. Bazény se rozdělují na 2 základní typy, a to kryté bazény s celoročním využitím a venkovní koupaliště s nekrytou bazénovou plochou. Pro venkovní koupaliště platí, že nabídka sluneční energie se shoduje s poptávkou po ní, jelikož jsou provozovány v teplých slunečných letních dnech. Nároky na teplotu vody jsou zde mnohem nižší než u krytých bazénů také vzhledem k tomu, že na tepelných ziscích se podílí také samotná vodní hladina. [2] Nejjednodušším způsobem ohřevu venkovních vodních celků je přímý ohřev vody v klasických absorbérech z plastových nebo kaučukových rohoží. Toto je nejefektivnější způsob získávání tepelné energie bez dalších

ztrát ve výměnících v případě použití kolektorů provozovaných s nemrznoucí kapalinou. Lze tak dosáhnout zvýšení teploty bazénu o 5 až 10 °C.

U vnitřních bazénů je situace odlišná nežli u venkovních. Provoz těchto zařízení je celoroční, takže termickým systémem se snažíme pokrýt co největší potřebu tepla pro ohřev vody. Současně nesmí dojít k velkým přebytkům získaného tepla v letních měsících, jelikož teplota vody musí být udržována na dané hodnotě kvůli hygienickým požadavkům. Teplota vnitřních bazénů je také o něco vyšší, a to po celou dobu jeho provozu, takže potřeba tepelné energie je větší. Důležité je, aby byla plocha bazénu opatřena vůči tepelným ztrátám z vodní hladiny. Toto lze uvnitř dosáhnout vyšší teplotou vzduchu, než je teplota vody. Jelikož je bazén v provozu všechny měsíce v roce, a my chceme získat energii ze slunce i v chladnějších dnech, nelze již použít obyčejné absorbery, kde se přímo ohřívá bazénová voda. Zde se již použijí kolektory obdobné jako u ohřevu pitné vody, kde ohříváním médiem bude nemrznoucí směs. Tak jsme schopni získat pozoruhodné množství energie již v brzkých jarních dnech a na podzim.



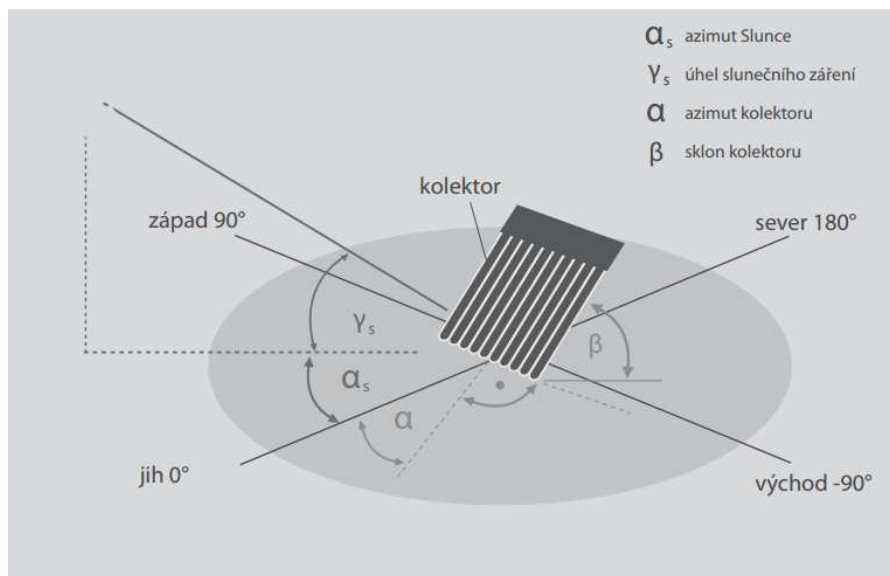
Obr. 4 Využití solárního ohřevu bazénové vody

Zdroj: [14]

2.3 Ovlivnění výkonu solárního systému

2.3.1 Azimut α

Ideální orientace absorberu kolektoru je na jižní stranu, tzn. azimut $\alpha = 0^\circ$. Čím více je kolektor orientován na tuto stranu, tím větší energetické zisky máme. Azimutální úhel α je v pořádku, pokud se pohybuje do 45° východně nebo západně od jihu, s mírnou odchylkou výkonu systému. Pokud se kolektorový systém odchyluje více než 45° , je třeba výkon kompenzovat např. zvětšením absorpční plochy. [10]



Obr. 5 Ideální sklon a orientace termického kolektoru

Zdroj: [8]

2.3.2 Úhel sklonu β

V průběhu roku se poloha slunce a s tím úhel dopadajících paprsků na plochu mění. Nejvýše a nejdelší dobu je slunce v létě, naopak v zimě, se slunce pohybuje mírně nad obzorem a v krátkém časovém úseku. Ideální úhel dopadu paprsků je kolmo na absorpční plochu, ale toho nelze dosáhnout po celý rok. Pokud počítáme ideální sklon kolektorů pro celoroční použití platí pravidlo, že kolektor musí směřovat směrem k jihu a úhel sklonu absorpční plochy je přibližně $0,7 \times$ zeměpisná šířka. Pro náš případ se jedná o město Orlová se zeměpisnou šířkou 50° , tudíž:

$$\beta = 50 \cdot 0,7 = 35^\circ$$

2.3.3 Stagnace

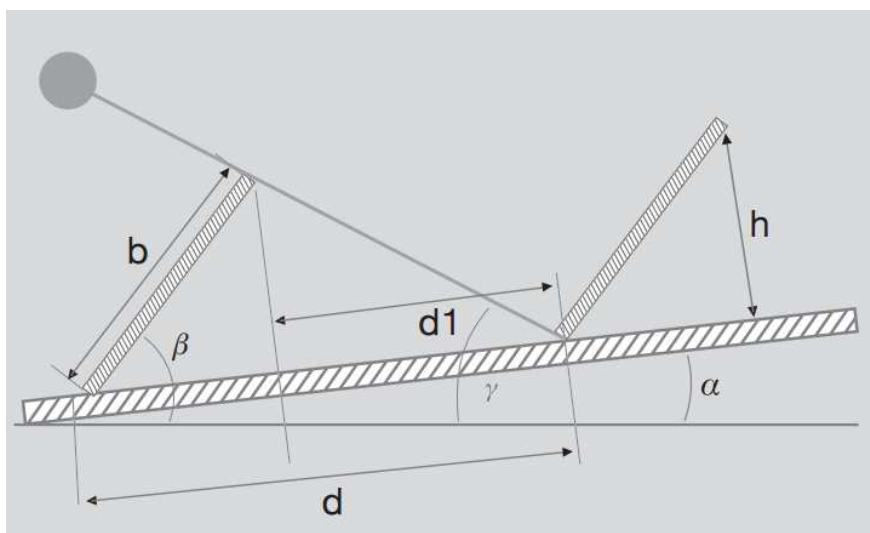
V letních obdobích, kdy je sluneční záření nejintenzivnější a z kolektoru se neodvádí teplo, může nastat, že se absorber začne velmi vysoce zahřívat a dosahuje tzv.

stagnační teploty. Je to ustálená teplota kolektoru, který přijímá sluneční záření a zároveň není odváděno teplo. Ke stagnaci dochází většinou při předdimenzovaném solárním systému (velká absorpční plocha), nebo není po delší dobu požadován odběr tepla. Aby byl výskyt stagnace co nejvíce minimalizován, musí se dbát na správný návrh systému, včetně ochrany proti přehřátí.

- Ochrana solárního systému před stagnací
- Správná volba typu a velikosti solárních kolektorů
- Správné dimenzování solárního systému
- Správné dimenzování chladicí a expanzní nádrže
- Regulace s prázdninovou funkcí (delší dobu není odběr tepla)
- Správná volba teplotonosné látky (kapaliny se stagnační teplotou až 186 °C)

2. 3. 4 Stínění kolektorů

Při návrhu solárního systému je třeba dbát na okolí umístění kolektorů, jelikož každý vržený stín nám způsobuje snížení celkového výkonu. Slunečnímu záření na absorpční plochu by neměly vadit stromy, vysoké budovy, a jiné překážky. V případě realizace více než jedné řady kolektorů, musíme uvažovat nad dostatečnou vzdáleností kolektorů, aby si navzájem nestínily. Pro maximalizaci výkonu uvažujeme ve výpočtu datum 21.12., 12:00 hod., kdy úhel dopadu slunečních paprsků je přibližně 20°. Podrobný výpočet pro případ kolektorového pole na bazéně v Orlové viz. níže.[10]



Obr. 6 Minimální vzdálenosti kolektorových polí

Zdroj: [8]

Typ kolektoru	výška kolektoru b [m]	úhel β [°]	úhel γ [°]	Datum čas úhlu γ
TS 500	2	35	20	21.12. 12:00

Tab. 2 Nastavení kolektorových polí Orlová

Zdroj: Autor

$$d_1 = b \cdot \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\tan(\gamma - \alpha)} = 2 \cdot \frac{\sin(35 - 0)}{\tan(20 - 0)} = 3,15 \text{ m}$$

$$d = (b \cdot \cos(\beta - \alpha)) + d_1 = (2 \cdot \cos(35)) + 3,15 = 4,8 \text{ m}$$

$$h = \sqrt{b^2 - (d - d_1)^2} = \sqrt{2^2 - (4,8 - 3,15)^2} = 1,3 \text{ m}$$

2. 3. 5 Teplonosné médium

Abychom zabránili poškození kolektoru a dosáhli maximálního zisku energie do teplonosného média, vyvinuly se pro kolektory tzv. mrazuvzdorné směsi glykolu a vody.

Tyto kapaliny mají nejen nízký bod tuhnutí (asi $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$), ale také vysokou stagnační teplotu, při které začínají vřít, a to až kolem 180°C . Využívané směsi jsou převážně etylen- a propylenglykoly s vodou. Aby se solární okruhy mohly provozovat se směsí glykolu, musí se zabezpečit několik provozních podmínek. Používané materiály musí být prokazatelně odolné vůči glykolu. V okruhu se nemá vykytovat zinek, který je glykolem rozrušován. Směs by měla být používána pouze taková, u které je uvedeno, že je určena pouze pro solární systémy.

2. 4 Způsoby provozu termické soustavy

V našem případě bude termická soustava fungovat na rozmezí high flow a low flow koncepce. Jelikož výrobce nedoporučuje velice nízké průtoky teplotnosné kapaliny kolektorem, budeme volit rychlost proudění 30 až 40 kg/hod na plochu kolektoru TS 500. Nemělo by docházet k přehřátí polí a účinnost by měla být po celou dobu optimální.

2. 4. 1 High – Flow

High – Flow (velký průtok), byl již v 70. letech zjištěn jako optimální průtok pro maximalizaci tepelných zisků, a to při průtocích 30 až 70 kg/hod na m^2 plochy kolektorů. Při plném slunečním záření tím dojde ke zvýšení teploty v kolektoru pouze o 8 až $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toto nízké zvýšení teploty má za výhodu, že kolektor neustále pracuje s vysokou účinností. Převážně se tento typ průtoku používá u malých solárních soustav, aby teplotnosné médium oběhlo systémem vícekrát, a dosáhlo se potřebné teploty. [2]

2. 5 Low – flow

U systému low – flow (nízký průtok), pracuje kolektorová soustava se značně sníženým průtokem média. Nejde pouze o snížení otáček čerpadla, ale řadu rozdílů a výhod, které tento princip sebou přináší, pokud tomu jsou přizpůsobeny veškeré komponenty.

Koncepce low – flow má zásadní rozdíl v množství za sebou navazujících kolektorů. Na rozdíl od systému high – flow, kde jsou kolektory řazeny převážně paralelně, se mohou kolektory řadit sériově do velkých polí. Tím dochází ke zvýšení teploty, ale také tlakových ztrát, které se eliminují právě nízkým průtokem.

Výhodou low – flow koncepce je již zmíněné zvýšení teploty na kolektorech, a to až o $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tepelná energie s vysokým potenciálem se může rychle využít a nedochází tak k dlouhé časové prodlevě ohřevu zásobníku. Teplo se může předat okamžitě v průtokovém výměníku, nebo akumulární nádobě s nabíjením ve vrstvách.

Další přínos nízkého průtoku je v použití menších hydraulických průměrů potrubních rozvodů. Dojde nejen k menším tepelným ztrátám potrubím, ale i materiálovým a cenovým úsporám. [2]

3. Krytý bazén Orlová, praktická část

Krytý bazén Orlová, původně vybudován pod názvem „Doubravan“, byl v roce 2007 zrekonstruován a opětovně v témže roce uveden do provozu. Moderně vybavený bazén nabízí široké sportovní o relaxační využití pro všechny věkové skupiny. K dispozici je zde velký plavecký bazén se 4 dráhami a délce 25 m. Součástí velkého bazénu je relaxační část s vodními atrakcemi v podobě masážních lavic, vodních trysek, chrličů, apod. Další částí je tobogán o délce 64 metrů s dojezdovým bazénem. Tobogán sahá nad úroveň výše střechy bazénů, a částečně vede venkovním prostorem. Návštěvníci mohou také využít vířivou vanu s kapacitou 8 osob a teplotou vody 33° C. Pro nejmenší návštěvníky je u velkého bazénu dětské brouzdaliště (malý bazén), s teplotou vody 32 až 33 °C. Objekt nabízí také sauny, a to suchou s kapacitou 8 osob a parní s kapacitou 4 osoby. Součástí tohoto celku je také ledová komora pro 2 osoby a odpočívárna. Nedílnou součástí je také stravovací zařízení formou „suchého“ a „mokrého“ bufetu. Areál je v provozu celý rok, kromě několika dní potřebných pro vyčištění a vypuštění velkého bazénu. [15]



Obr. 7 Krytý bazén Orlová

3. 1 Popis současného stavu

Krytý bazén (jinak KB) Orlová je po rekonstrukci rozdělen do dvou odlišných konstrukčních částí. První část se skládá z vlastní bazénové haly (velký bazén, tobogán, vířivka, brouzdaliště), provedena v konstrukčním řešení skeletového systému s nosnými sloupy rozdělenými po šesti metrech. Hala s velkým bazénem má rozpětí sloupů 18 metrů. Další část tvoří zázemí bazénu, které je dilatačně odděleno od bazénové haly a tvoří ji stejný skeletový systém se vzdálenostmi sloupů 6 metrů od sebe. Nedílnou součástí je také technologické zázemí celého objektu, které se nachází v suterénu KB a je rozděleno na 2 samostatné celky, spojené komunikačním prostorem. V severní části objektu se nachází technologické zázemí pro vířivku a dětské brouzdaliště. V přední části objektu, se nachází zázemí pro velký, plavecký bazén. V obou částech jsou umístěna zařízení hlavního horkovodního modulu, podružné moduly pro ohřevy dvou samostatně oddělených okruhů bazénové vody, moduly podlahového a radiátorového vytápění objektu, modul pro ohřev vzduchotechniky, přípravu teplé užitkové vody a samostatný modul pro zásobování teplem ostatních prostor objektu, které jsou pronajímány třetím osobám a jsou z tohoto důvodu opatřeny samostatným měřením odběru tepla.

3. 1. 1 Současný zdroj tepelné energie

Současným zdrojem tepelné energie pro ohřev vody je centrální zásobování teplem (CZT) z elektrárny Dětmárovice. Technologie ohřevu vody se nachází v suterénu KB a je rozdělena do dvou dispozičně vzdálených technologických místností, které jsou propojené komunikačním prostorem. Primární větev CZT je přivedena do severní (zadní) části budovy, kde se nachází vířivka a dětské brouzdaliště. Teplota vody vířivky a brouzdaliště je 33 °C. Předávací stanice je napojena na jeden samostatný okruh. Sekundární okruh CZT je přiveden do jižní (přední) části budovy KB. Tato předávací stanice slouží k ohřevu hlavního, plaveckého bazénu, kde se teplota vody udržuje na 29°C. Oba technologické celky se nacházejí v suterénu KB a jsou přístupné také z venkovního prostoru.

Kromě hlavních předávacích výměníků na ohřev bazénové vody, se v technologických místnostech nachází také moduly podlahového a radiátorového vytápění, ohřev vzduchotechniky, ohřev TUV, a samostatný modul pro zásobování teplem ostatních prostor objektu, které přímo nesouvisí s provozem bazénu, ale jsou pronajímány a mají samostatná měřidla.

3. 1. 2 Spotřeba energie na ohřev bazénové vody

V této práci se zabýváme pouze návrhem solárního ohřevu bazénové vody, tudíž nebereme v úvahu spotřebu pitné vody na sprchování apod. Jedná se tedy o 3 vodní celky (velký bazén, vířivka a brouzdaliště), které se musí ohřívat na teploty 29, a 33 °C po celý rok. Dle vyhlášky č. 238/2011 Sb. O stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, je nutné u velkého plaveckého bazénu obměnit na každého návštěvníka 45 litrů čisté vody denně. Tento bazén pak projde kompletním vypuštěním a očištěním jednou ročně, vždy kolem začátku září. U vířivky a brouzdaliště musí dojít k celkové obměně vody a vyčištění bazénů každý den, vždy večer po uzavírací době. Průměrná teplota vody z vodovodního řadu se pohybuje okolo 11 °C. Je to průměrná hodinová hodnota teploty vody pro oblast Ostravsko, převzata z programu TRNSYS.

4. Dosavadní spotřeba tepelné energie

4.1 Potřeba energie pro ohřev velkého bazénu

Průměrná spotřeba tepelné energie, je závislá na spotřebě nové vody a ohřevu z teploty 11 °C na 29 °C. Průměrné množství nové vody, které se musí denně vyměnit na plavecký bazén, je 7,6 m³. Do výpočtu nebudeme zahrnovat celkovou obměnu bazénové vody, která probíhá jednou ročně. Průměrná cena za tepelnou energii z teplárny Dětmárovice, se pohybuje okolo 570 Kč/GJ. [16]

Orlová

33 200 obyvatel

Centrální výměňkové stanice 552,00 - 590,30 Kč/GJ

Sekundární rozvody 474,20 - 634,50 Kč/GJ

Domovní předávací stanice 558,10 - 634,50 Kč/GJ

Vážený průměr 615,00 Kč/GJ

Celková dodávka tepla do bytů 248 266 GJ

Přibližná část obyvatel zásobovaných
dodávaným teplem 62 %

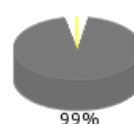
Licence k výrobě tepla

Licence k rozvodu tepla

V lokalitě dodává teplo firma: ČEZ, a.s.;

Palivo

1%

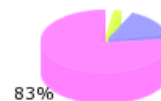


Legenda

Dodávka

2%

15%



Legenda

Obr. 8 Dodávka tepla ve městě Orlová

Zdroj: [16]

Při výpočtu spotřeby tepla, vycházíme ze vzorce:

$$Q = V \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Delta t = 7,61 \cdot 4200 \cdot 1000 \cdot (29 - 11) = 575\,316 \text{ kJ} = 0,575 \text{ GJ/den}$$

V – Objem studené vody o teplotě 11 °C [m³]

C_p – měrná tepelná kapacita vody [kJ/kg K]

ρ – hustota vody [kg/m³]

Δt – rozdíl teplot [°C]

Q – potřeba tepelné energie [GJ/den]

cena tepelné energie spotřebována na ohřev bazénové vody činí:

$$Cena = Q \cdot n_d \cdot c = 0,575 \cdot 365 \cdot 570 = \mathbf{119\,630\,Kč}$$

Q – potřeba tepelné energie [GJ/den]

n_d – počet dní v roce [-]

c – cena za 1 GJ tepla [Kč]

4. 2 Potřeba energie pro ohřev vířivky a brouzdaliště

Jak již bylo zmíněno, objem vody ve vířivce a dětském brouzdališti, musí být každý den kompletně vyměněn. Z tohoto důvodu tvoří tyto dva celky více než 2/3 nákladů na ohřev vody. Teplota vody těchto bazénů se udržuje na 33 °C. Jednotlivé objemy nové vody, které je potřeba ohřát z 11 °C na 33 °C činí:

- Dětské brouzdaliště 5,81 m³
- Vířivka 5,16 m³
- Celkem 10,97 m³

Ceny za tepelnou energii a výpočet potřeby tepla je stejný jako u velkého bazénu. Výsledky jsou shrnuty v tabulce níže.

	Spotřeba [GJ/den]	Spotřeba [kWh/den]	Spotřeba [GJ/rok]	Spotřeba [kWh/rok]	Cena
Velký bazén	0,57	159,5	209,6	58219,5	119 467 Kč
Vířivka	0,48	132,2	173,8	48267,2	99 044 Kč
Brouzdaliště	0,54	148,8	195,5	54307,6	111 439 Kč
Celkem	1,6	440,5	578,9	160794,4	329 950 Kč

Tab. 3 Spotřeby tepelné energie pro ohřev bazénové vody

Celková spotřeba tepelné energie na ohřev bazénové vody je poměrně vysoká, to se samozřejmě projeví na ceně, a provozních nákladech krytého bazénu. Vypočtené hodnoty korespondují se skutečně naměřenými hodnotami provozního celku bazénu.

5. Využití sluneční energie Orlová

Slezské město Orlová se nachází v Moravskoslezském kraji, okres Karviná, asi 17 km východně od Ostravy. Krytý bazén stojí přímo v městské části, která se nazývá Orlová – Lutyně. Právě k tomuto místu jsou vztaženy veškeré výpočty slunečního ozáření. Vstupní data byla vzata z programu METEONORM a teploty vody ve vodovodním řádu z programu TRNSYS. Roční úhrn slunečního záření dopadajícího na vodorovnou plochu je v těchto místech přibližně 1030 kWh/m². Krytý bazén v Orlově je ideálně orientován podélně směrem k jihu. Poloha kolektorů tak bude jak z technického, tak i z architektonického hlediska vyhovující. Schéma oslunění objektu je zřejmé z diagramu Suncalc, pro poledne 21. 6. 2017. V zimním období samozřejmě bude doba osvitů zúžena, což se projeví v celoroční bilanci energetických zisků.



Obr. 9 Rozvržení slunečního svitu KB Orlová

Zdroj: [17]

5. 1 Solární soustava

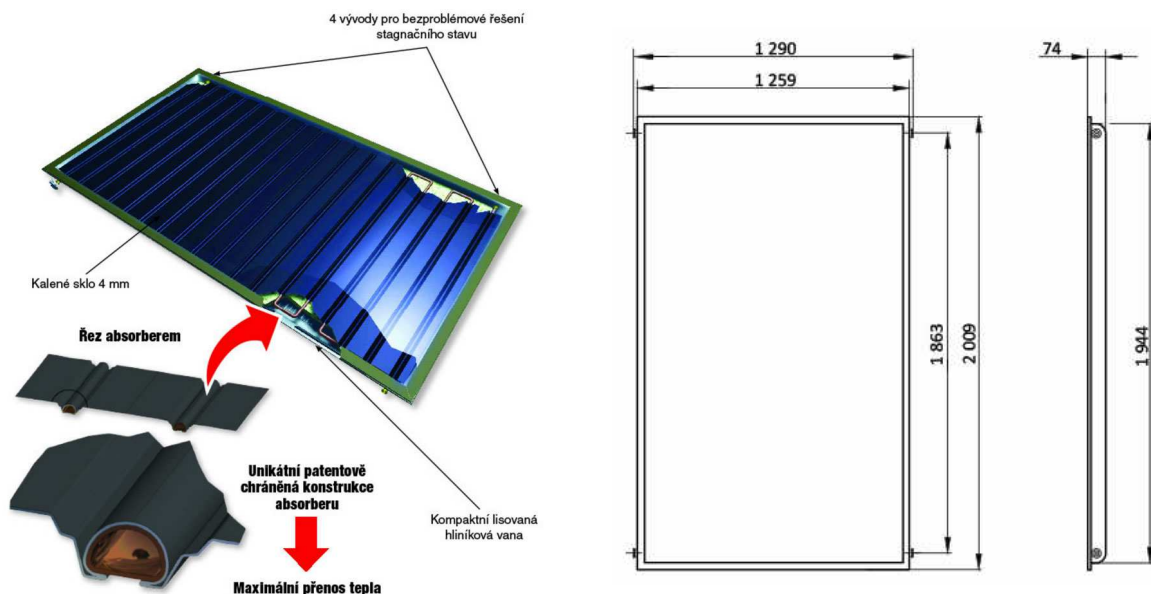
Solární soustava je technické zařízení, sloužící k transformaci slunečního záření na tepelnou energii a následné použití nebo akumulaci v teplotněm médiu. V našem případě bude soustava sloužit pro ohřev bazénové vody. Tento technický celek se sestává z řady dílčích součástí a je zapotřebí vše důkladně navrhnout a zrealizovat tak, aby byla dosažena maximální spolehlivost a bezporuchovost.

Základní součástí jsou solární neboli termické kolektory, které se skládají do jednotlivých soustav. Pro ohřev takového množství vody, jako je zapotřebí na KB Orlová, navrhuji velká kolektorová pole o 6 jednotlivých kolektorech zapojených sériově. U termických systémů se také navrhuje hmotnostní tok teplotně kapaliny, která je u malých systémů mnohem vyšší nežli u velkých, tzv. high nebo low flow systém.

5. 2 Volba typu kolektoru

Pro realizaci solární soustavy na ohřev bazénové vody v Orlové, bude zapotřebí velké kolektorové pole s ohromnou absorpční plochou. Volba kolektorů bude mít zásadní vliv pro návrh dalších komponent celé soustavy. Kolektor je zvolen od dlouholetého a osvědčeného výrobce Thermo/Solar Žiar s.r.o. Jejich velkoplošný kolektor TS 500, disponuje velkou absorpční plochou a vysokou kvalitou.

Sluneční kolektor Thermo/Solar TS 500 je velkoplošný kolektor, určený pro velká kolektorová pole (například pro bytové domy, průmyslové aplikace apod.). Je určen pro vertikální montáž kolektorových polí s nucenou cirkulací pracovního média (pomocí oběhových čerpadel), v nichž se spojuje přírubovými nebo maticovými spoji. Kolektor sestává z kompaktní lisované skříně, ve které je pomocí zasklívacího rámu z nekorodujících eloxovaných hliníkových profilů osazeno bezpečnostní solární sklo v síle 4 mm. Celoplošný lisovaný absorbér se selektivní vrstvou na Al-Mg plechu obepíná meandr z měděné trubky. Konstrukce tohoto absorbéru zajišťuje svým technickým provedením vynikající odvod získané tepelné energie a je patentově chráněna. Jednotlivé kolektory se spojují paralelně v jednotlivých řadách o maximálně osmi kusech. Technický list a údaje z laboratorního testování Keymark kolektoru TS 500 viz. příloha č. 2 a 3.



Obr. 10 Kolektor TS 500

Zdroj: [18]

6. Varianty návrhů solární soustavy

Ohřev bazénové vody tak velkého komplexu jako je veřejné koupaliště, poskytuje mnoho variabilních možností, jak navrhnout a zrealizovat celý termický systém. Nejedná se pouze o kolektorová pole, ale veškeré technologické zázemí, možnosti využití výměníků, akumulčních zásobníků nebo rekuperaci odpadních vod. Jelikož KB Orlová vypouští každý den 10 m³ bazénové vody z vířivky a dětského brouzdaliště, je zde možnost toto odpadní teplo (33 °C) rekuperovat. V diplomové práci se zabývám dvěma různými typy ohřevu dětského brouzdaliště a vířivky a jedním typem ohřevu velkého bazénu.

6.1 Ohřev velkého bazénu

Bude proveden velkým kolektorovým polem a následným předáním tepla v průtokovém výměníku. Celý systém bude bez akumulace v zásobnících, jelikož se velký bazén dopouští průběžně, a není zapotřebí teplou vodu akumulovat. V tomto případě postačí jednoduchá výměníková stanice s protiproudovým výměníkem.

6. 2 Ohřev dětského brouzdaliště a vířivky:

6. 2. 1 pomocí termické soustavy

V tomto případě budeme ohřívat 11 m³ bazénové vody s půldenním předstihem. Jelikož oba vodní celky se musí večer kompletně vypustit a opětovně napustit novou studenou vodou. Zapotřebí je mít naakumulovanou energii ze slunečního dne, kdy fungovaly kolektory.

6. 2. 2 Pomocí rekuperace odpadního tepla a termické soustavy

Ohřev bude probíhat v kombinaci rekuperace a termického ohřevu vody. Vířivka a brouzdaliště se při večerním vypouštění proženou přes trubkové výměníky a nová studená voda se předejde ziskáním tohoto odpadního tepla. Odpadní voda pouze jednou projde přes výměník, a následně po tomto kroku se rychle vypustí přes filtry, které je třeba vyprat. Nová předejde voda se napustí do akumulačního zásobníku. Ohřátá voda z termického systému se ohřeje a uloží opět v akumulačním zásobníku. Následně se vodní celky napustí z akumulačních jímek a výsledná teplá voda se získá namícháním z obou variant ohřevu.

7. Návrh ohřevu velkého bazénu (Systém č. 1)

Velký bazén se skládá z několika dílčích celků. Ten hlavní je plavecká část se 4 dráhami a délce 25 metrů. Na plavecký bazén navazuje relaxační část s částí pro neplavce. Součástí jsou masážní lavice, chrliče vody, trysky apod. Posledním celkem je tobogán o délce 64 metrů a dojezdovým bazénem. Teplota vody v celém bazénu je udržována na 29 °C. Teplota okolního vzduchu má 31°C. Veškeré tyto teploty jsou vypočteny a záměrně udržovány na těchto hodnotách, aby nedocházelo k vypařování vody z vodní hladiny a zamezilo se tak velkým ztrátám. Do celkového výpočtu tudíž můžou tyto minimální ztráty být zanedbány.



Obr. 11 Velký bazén

Zdroj: [19]

Dle vyhlášky č. 238/2011 Sb. O stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch musí dojít v bazénu k výměně 0,045 m³ na každého návštěvníka za den, přičemž veškerý objem vody velkého bazénu se vyměňuje jednou za rok. Tato generální očista se provádí vždy na začátku zří. Do výpočtu potřeby vody nebude toto celkové vypuštění zahrnuto. Zkreslily by se tím hodnoty denní potřeby tepla pro ohřev nové vody a tím i návrh solární soustavy. Veškeré zásadní hodnoty pro návrh solárního systému ukazují tabulky č. 4 a 5.

Měsíc	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Průměr
Průměrná návštěvnost [os/den]	186	209	91	184	198	159	169
Průměrná spotřeba vody [m₃]	8,36	9,41	4,09	8,29	8,90	7,15	7,61

Tab. 4 Návštěvnost bazénu

Zdroj: SMO Orlová, a.s.

	Teplota nové vody [°C]	Teplota bazénové vody [°C]	Průměrný počet návštěvníků[os/den]
Velký bazén	11	29	169
	Množství nové vody [m ³ /den]	Spotřeba [GJ/den]	Spotřeba [kWh/den]
Velký bazén	7,6	0,574	159,5

Tab. 5 Hodnoty pro ohřev velkého bazénu

Dalším kritériem pro návrh solární soustavy je disponibilní plocha střechy pro umístění kolektorových polí. Celý objekt je rozdělen na 2 stavební celky, bazénovou halu a přistavěnou část se zázemím bazénu. Oba celky jsou postaveny s odlišným stavebně-konstrukčním systémem. Bazénová hala má vyšší úroveň střešní plochy nežli druhá polovina celého objektu. Umístění kolektorových polí se musí ze statických důvodů přizpůsobit konstrukčnímu modulu stavby, kdy je svislý nosný skelet konstruován v násobku šesti metrů. Tato vzdálenost kolektorových polí je rovněž vhodná z toho důvodu, že ani v zimních měsících nebude docházet ke vzájemnému stínění jednotlivých polí. Z hlediska disponibilních ploch je tedy reálné na ploše střechy nad hlavní bazénovou halou rozmístit tři řady kolektorů po dvou polích. V každém poli bude sériově zapojeno 5 kolektorů, tedy $5 \times 6 = 30$ kolektorů celkem. Nosná konstrukce bude muset být přes celou šířku střechy bazénové haly. Musí se počítat s výrobou dlouhých příhradových nosníků o délce 18 metrů. Tyto nosníky se následně uchopí do obvodových zdí haly krytého bazénu.

7.1 Návrh plochy solárních kolektorů

Pro výpočet návrhu plochy kolektorů byly získány hodinové hodnoty ozáření a teploty vzduchu z programu Meteonorm. Jedná se o hodnoty z meteorologické stanice Ostrava – Poruba, která je svým lokálním umístěním téměř totožná s Orlovou. Veškeré hodnoty byly zapsány do tabulky v Excelu a provedeny všechny potřebné výpočty. Názorně si ukážeme kompletní výpočet návrhu solární plochy pro měsíc květen. Přesně 1. 5. 2016, 12:00 hod. CET.

1.5. 12:00 hod.	G_{gh} [W/m ²]	G_{dh} [W/m ²]	G_{gk} [W/m ²]	G_{dk} [W/m ²]
Orlová	779	217	956	282

1.5., 12:00 hod.	G_{bn} [W/m ²]	t_a [°C]	t_{sv} [°C]	G_{bk} [W/m ²]
Orlová	686	17,2	10,4	674

Tab. 6 Hodnoty pro výpočet ohřevu velkého bazénu

Zdroj: [30]

$$G_{bk} = G_{gk} - G_{dk} = 956 - 282 = \mathbf{674 \text{ W/m}^2}$$

G_{gh} – Globální záření na horizontální plochu [W/m²]

G_{dh} – Difúzní záření na horizontální plochu [W/m²]

G_{gk} – Globální záření na zadanou plochu 35° [W/m²]

G_{dk} – Difúzní záření na zadanou plochu 35° [W/m²]

G_{bn} – Přímé záření ve směru normály (slunečnice) [W/m²]

G_{bk} – Přímé záření na zadanou plochu 35° [W/m²]

t_a – Teplota venkovního vzduchu [°C]

t_{sv} – Teplota studené vody [°C]

7.2 Stanovení výkonu a účinnosti

Pro stanovení účinnosti a výkonu kapalinových kolektorů se používá evropská zkušební norma, přijatá do české normalizace pod označením ČSN EN 12975-2.

7.2.1 Modifikátor úhlu dopadu

Zkoušení účinnosti kolektorů probíhá v laboratorních podmínkách při kolmém dopadu slunečního záření na zasklení. Proto údaje o účinnosti kolektorů od výrobce jsou v reálném použití zkresleny o mnoho různých hodnot. Jednou z nich je různý úhel dopadu slunečního záření vlivem proměnlivé geometrie polohy Země, resp. daného místa ke

slunci. Výkon solárního kolektoru je ovlivněn právě úhlem dopadu slunečního záření, který vyjadřuje tzv. modifikátor úhlu dopadu K_θ , někdy označován IAM (Incidence Angle Modifier) Modifikátor umožňuje zohlednit zisky kolektorů v dopoledních a odpoledních hodinách. Charakteristika modifikátoru se používá hlavně při počítačových simulacích, v běžné praxi se může zohlednit optické chování kolektoru střední hodnotou modifikátoru, zjištěnou integrací přes všechny úhly dopadu. Kolektor TS 500 má pro měření při úhlu dopadu záření $\alpha = 50^\circ$ stanoven modifikátor úhlu dopadu $\theta = 0,95$. [5]

$$\cos \gamma = \frac{G_{bk}}{G_{bn}} = \frac{674}{686} = \mathbf{0,9825}$$

$$\gamma = \arccos \gamma = \arccos 0,9825 = \mathbf{10,7325^\circ}$$

$$\alpha = 50^\circ = 0,87266 \text{ rad}$$

$$b_o = \frac{1 - \theta}{\frac{1}{\cos \alpha} - 1} = \frac{1 - 0,95}{\frac{1}{\cos 0,87266} - 1} = \mathbf{0,0899}$$

$$K_\theta = 1 - b_o \cdot \left(\frac{1}{\cos \gamma} - 1 \right) = 1 - 0,0899 \cdot \left(\frac{1}{0,9825} - 1 \right) = \mathbf{0,9983}$$

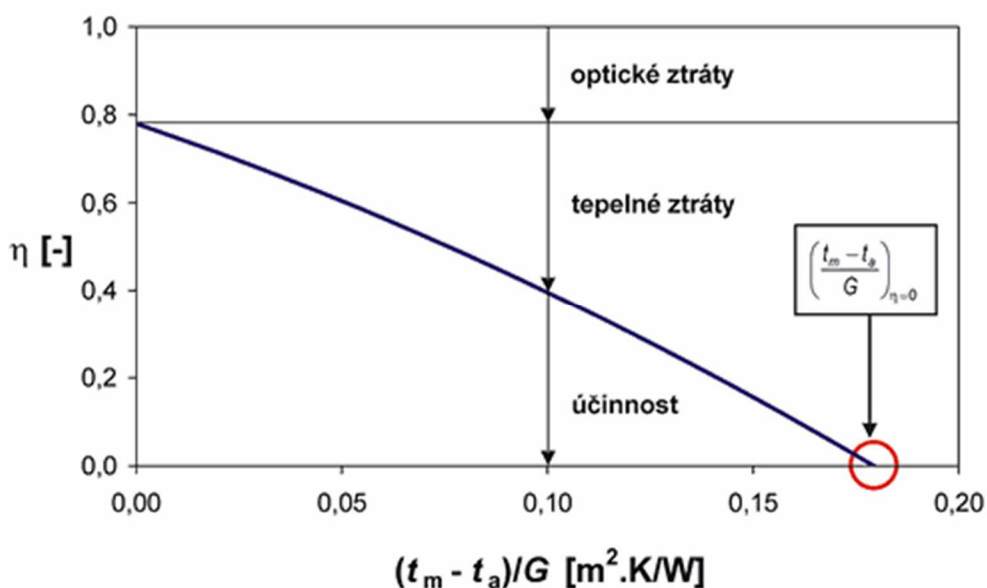
b_o – výpočtový součinitel [-]

K_θ – Modifikátor úhlu dopadu [-]

Z výpočtů nám vyplývá modifikátor úhlu dopadu záření K_θ neboli IAM = 0,9983. Tato hodnota se nám promítne ve výpočtu účinnosti kolektoru pro každou vypočtenou hodinu slunečního osvitu.

7. 2. 2 Stagnační teplota

Jedním ze základních parametrů kolektoru je tzv. stagnační teplota neboli ustálená teplota kolektoru přijímajícího sluneční záření bez odvodu tepla. Označuje se t_{stg} a může se nazývat také klidová teplota kolektoru. V bodě nulové účinnosti kolektoru je stagnační teplota rovná střední teplotě teplosnosné látky a také střední teplotě povrchu absorberu. Viz. obr. 12. Stagnační teplota se vypočítá z hodnoty průsečíku křivky účinnosti s hodnotou redukovaného teplotního spádu při $\eta = 0$. [5]



Obr. 12 Stagnační teplota z průsečíku křivky účinnosti

Zdroj: [20]

Hodnotu redukovaného teplotního spádu určíme vyhledáním průsečíku kladného kořene kvadratického polynomu popisující křivku účinnosti.

$$A_{\eta=0} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$A_{\eta=0} = \Delta t = \frac{a_1 - \sqrt{a_1^2 + 4 \cdot a_2 \cdot G_{gk} \cdot \eta_0}}{-2 \cdot a_2 \cdot G_{gk}} =$$

$$A_{\eta=0} = \Delta t = \frac{3,18 - \sqrt{3,18^2 + 4 \cdot 0,01 \cdot 956 \cdot 0,712}}{-2 \cdot 0,01 \cdot 956}$$

$$A_{\eta=0} = 146,35^{\circ}\text{C}$$

$A_{\eta=0} = \Delta t$ - Redukovaný teplotní spád [$^{\circ}\text{C}$]

a_1 - Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

a_2 – Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}^2$]

Pomocí stagnační teploty jsme schopni určit teplotu kolektoru. Tu určíme buď z grafu křivky účinnosti kolektoru, nebo z výpočtu výkonu kolektoru a provedeme iterační výpočet pro 1000 iterací. Tím zjistíme výstupní teplotu na kolektoru a zároveň výkon kolektoru.

$$t_{stag} = \Delta t + t_a = 146,35 + 17,2 = 163,55^{\circ}\text{C}$$

Abychom zjistili výstupní teplotu z kolektoru, a nepřesáhli tak stagnační teplotu kolektoru, musíme vypočítat reálný rozdíl teplot tzv. Δt_{real} . Abychom zjistili skutečný výkon kolektorové soustavy, musíme znát také hodnotu hmotnostního toku, ne kterém závisí výstupní teplota kolektoru, a tím pádem i výkon soustavy. U termického systému pro velký bazén jsme zvolili střední hodnotu toku $m = 40 \text{ kg/hod.}/\text{m}^2$.

$$\Delta t_{real} = \frac{Qk/\dot{m}}{4200} = \frac{5259,5/0,0833}{4200} = 150,27^{\circ}\text{C}$$

$$t_{vyst} = \Delta t_{real} + t_{vyst} = 141,6 + 10,4 = 160,6^{\circ}\text{C}$$

$$t_s = t_{sv} + t_{vyst} = 10,4 + 160,6 = 171^{\circ}\text{C}$$

$$\eta_k = K_{\theta} \cdot \eta_0 - a_1 \cdot \left(\frac{t_s - t_e}{G_{gk}} \right) - a_2 \cdot \frac{(t_s - t_e)^2}{G_{gk}}$$

$$A = \left(\frac{t_s - t_a}{G_{gk}} \right) = \left(\frac{171 - 17,2}{956} \right) = 0,0714 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\eta_k = K_\theta \cdot \eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot G_{gk}$$

$$\eta_k = 0,9983 \cdot 0,712 - 3,18 \cdot 0,0714 - 0,01 \cdot 0,0714^2 \cdot 956 = \mathbf{0,435}$$

$$q_k = G_{gk} \cdot \eta_k = 956 \cdot 0,435 = \mathbf{415,77 \text{ W/m}^2}$$

t_{stag} – stagnační teplota kolektoru [°C]

t_{sv} – teplota studené vody (teplota kapaliny vstupující do kolektoru) [°C]

t_{vyst} – teplota kapaliny vystupující z kolektoru [°C]

t_s – střední teplota kolektoru [°C]

Δt_{real} – reálná teplota kolektoru vztažena k daným podmínkám [°C]

η_0 – účinnost kolektoru při nulovém teplotním spádu mezi střední teplotou kapaliny a teplotou okolí (optická účinnost) TS 500 = 0712 [-]

η_k – účinnost kolektoru vztažena na dané provozní a klimatické podmínky [-]

Byl vypočten výkon 1 m² kolektoru TS 500 při slunečním záření v květnu 12:00 hod. Potřeba tepelného výkonu pro ohřev vody ve velkém bazénu je 159 kWh/den. Dle výpočtů je zvoleno kolektorové pole po 5 kolektorech zapojených sériově ve skupině. Z důvodu bezpečnosti nechceme přebytky tepla, takže je voleno množství skupin kolektorů s minimálními přebytky v měsíci květnu, kdy podle hodnot z Meteonormu bylo největší sluneční záření. Maximální počet skupin kolektorů je 6 po 5 kolektorech, tedy celkem 30 kolektorů. Kolektor TS 500 má plochu 2,26 m². Plocha 1 kolektorového pole bude:

$$A_k = 5 \cdot 2,53 = \mathbf{12,65 \text{ m}^2}$$

Výpočet výkonu kolektorového pole po 5 kolektorech TS 500 viz. níže.

$$Q_k = A_k \cdot q_k = 12,65 \cdot 415,77 = 5259,5 \text{ Wh} = 5,259 \text{ kWh}$$

Poté provedeme sumarizaci všech hodin v měsíci a podělíme počtem dní v měsíci. Tím získáme průměrný měsíční energetický zisk z termické soustavy. První den v měsíci květen vychází následovně:

Průměrná denní suma získané energie z 1 pole kolektorů v měsíci květnu činí

$$Q_p = 25,51 \text{ kWh/den}$$

Hodnoty jsou vzaty z výpočtového programu vytvořeného v Excelu.

Výpočet množství kolektorových polí

$$n_p = \frac{Q_{pot}}{Q_p} = \frac{159,5}{25,51} = 6,2 \text{ polí}$$

Volíme celkem 6 kolektorových polí po 5 kolektorech tzn. 30 kolektorů.

Datum	q_k [W/m ²]	Q_k [W/plochu pole]	t_{vyst} [°C]
01.05.2001 6:00	N	N	N
01.05.2001 7:00	46,69	590,65	27,22
01.05.2001 8:00	156,37	1978,09	66,86
01.05.2001 9:00	259,42	3281,69	104,11
01.05.2001 10:00	343,24	4341,97	134,41
01.05.2001 11:00	395,34	5001,09	153,24
01.05.2001 12:00	415,77	5259,49	160,63
01.05.2001 13:00	414,81	5247,31	160,28
01.05.2001 14:00	390,42	4938,84	151,47
01.05.2001 15:00	315,60	3992,29	124,43
01.05.2001 16:00	228,88	2895,38	93,09
01.05.2001 17:00	122,24	1546,28	54,55
01.05.2001 18:00	14,38	181,87	15,57
01.05.2001 19:00	N	N	N

Tab. 7 Hodinové hodnoty výkonu pro kolektorové pole velkého bazénu

Výsledky jsou vztaženy na 1 kolektorové pole, kde je sériově připojeno 5 panelů TS 500. Jak je z tabulky vidět, sluneční svit byl od 7 do 18:00 hod. Hodnotu Q_k musíme vynásobit počtem kolektorových polí, kterých je na ohřev velkého bazénu potřeba 6.

$$Q_{celk.} = Q_k \cdot n_p = 25,51 \cdot 6 = \mathbf{153,06 \text{ kWh/den}}$$

A_k – Plocha apertury jednoho kolektorového pole (6 kolektorů) [m²]

q_k – Výkon kolektoru na 1 m² plochy [W/m²]

Q_k – Průměrná získaná energie jednoho kolektorového pole za hodinu [kWh]

Q_p – Průměrná denní suma získané tepelné energie z 1 kolektorového pole (5 kolektorů) [kWh/den]

Q_{celk} – Celkový energetický zisk termické soustavy [kWh/den]

Q_{pot} – Potřebná energie pro ohřev nové vody [kWh/den]

n_p – Počet kolektorových polí (6 kolektorů v sérii)

Výpočtem jsme stanovili účinnost kolektoru pro datum 1. 5. 12:00 hod. $\eta_k = 0,455$.

Abychom zjistili výstupní teplotu z kolektoru, a nepřesáhli tak stagnační teplotu kolektoru, musíme vypočítat reálný rozdíl teplot tzv. Δt_{real} . Abychom zjistili skutečný výkon kolektorové soustavy, musíme znát také hodnotu hmotnostního toku, ne kterém závisí výstupní teplota kolektoru, a tím pádem i výkon soustavy. U termického systému pro velký bazén jsme zvolili hmotnostní tok na rozmezí low-flow a high-flow průtoku $m = 30 \text{ kg/hod./m}^2$.

Veškeré výpočty byly provedeny a zapsány v programu excel. Naším cílem bylo zjistit přesnou hodnotu účinnosti kolektoru pro každou hodinu v roce. Tím zjistíme množství získané energie pro každý den a měsíc. Vypočtené hodnoty nám znázorňuje tabulka č. 8.

G_{bk}	$\cos \gamma$	γ	K_θ	A	η_k	d_t
[W/m ²]	[-]	[deg]	[rad]	[m ² K/W]	[-]	[°C]
674	0,982	10,73	0,998	0,0714	0,435	-464,35

Δt	t_{stag}	q_k	Q_k	Δt_{real}	t_{vyst}
[°C]	[°C]	[Wh/m ²]	[Wh]	[°C]	[°C]
146,3	163,5	415,77	5259,5	152,7	160,6

Tab. 8 Vypočtené hodnoty kolektorového pole

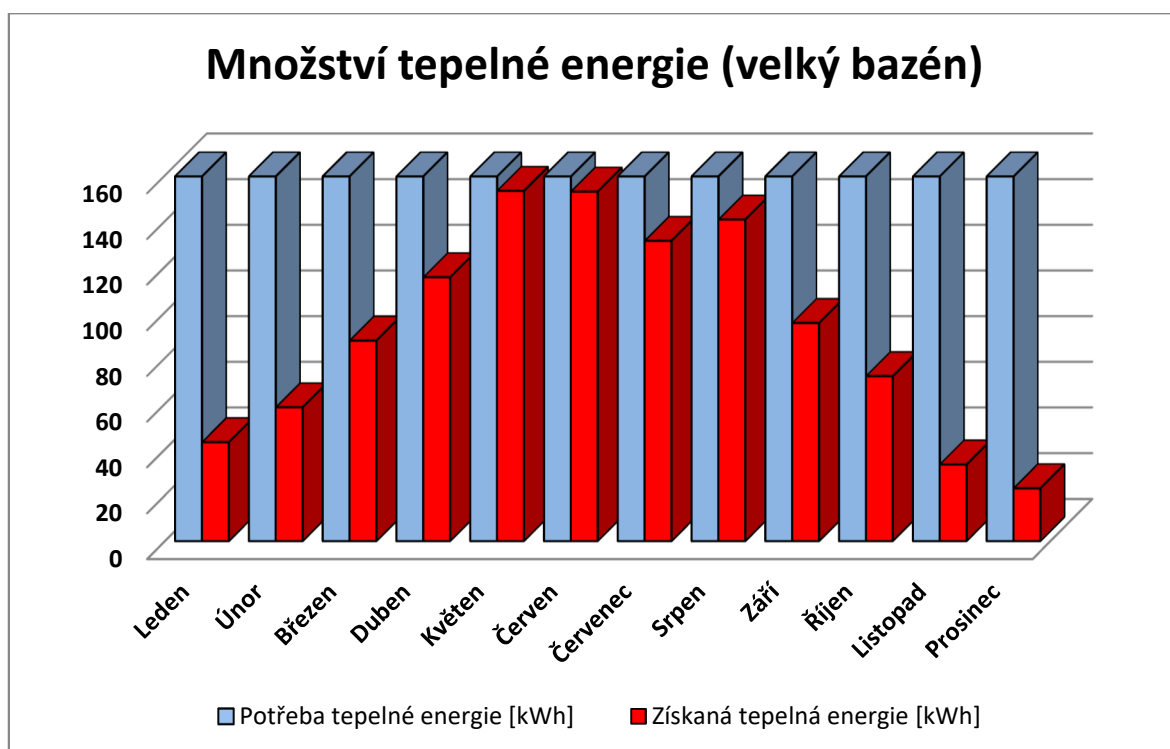
Jelikož známe hodnoty jednotlivých hodinových zisků celé kolektorové soustavy velkého bazénu, provedeme bilanční výpočet získané tepelné energie. Již víme, že každodenní potřeba tepelné energie pro ohřev nové vody činí 159,5 kWh. Tuto energii nesmíme v letních měsících příliš překročit, abychom nedosáhli přehřátí solárního

systému. Z tohoto důvodu s tímto bylo ve výpočtu uvažováno a systém je navrhnuto přesně na míru.

$$Q_{přeb} = Q_k - Q_{pot} = 153,06 - 159,5 = -6,44 \text{ kWh/den}$$

Měsíc	Potřeba tepelné energie Q_{pot} . [kWh/den]	Získané energie celkem Q_k . [kWh/den]	Bilance tepelné energie $Q_{přeb}$. [kWh/den]	Pokrytí tepelné energie [%]
Leden	159,5	43,1	-116,4	27,0%
Únor	159,5	58,37	-101,13	36,6%
Březen	159,5	87,6	-71,9	54,9%
Duben	159,5	115,35	-44,15	72,3%
Květen	159,5	153,16	-6,34	96,0%
Červen	159,5	152,83	-6,67	95,8%
Červenec	159,5	131,29	-28,21	82,3%
Srpen	159,5	140,62	-18,88	88,2%
Září	159,5	95,31	-64,19	59,8%
Říjen	159,5	72,01	-87,49	45,1%
Listopad	159,5	33,35	-126,15	20,9%
Prosinec	159,5	22,96	-136,54	14,4%
Průměr/den	159,5	92,16	-67,34	57,8%
Celkem za rok	58217,5	33639,3	-24578,2	57,8%

Tab. 9 Energetické zisky solární soustavy č. 1 (velký bazén)



Graf 1 Bilance tepelné energie solární systém č. 1 (velký bazén)

Zdroj: Autor

8. Ohřev vířivky a dětského brouzdaliště (systém č. 2)

Vířivá vana i dětské brouzdaliště jsou lokalizovány v severní části bazénového celku. Svým umístěním jsou volným prostorem propojeny s velkým plaveckým bazénem. Pro účely relaxace slouží vířivá vana s hydromasážními tryskami a kapacitou pro 4 osoby. Teplota vody je ve vířivce udržována na hodnotě 33 °C. Z technického hlediska je vana propojena s akumulací jímku v technologickém suterénu. Tato nádrž má velikost 3 m³ a celkový objem tohoto okruhu činí 5,16 m³.



Obr. 13 Vířivá vana

Zdroj: [21]

Pro nejmenší návštěvníky bazénu je k dispozici dětské brouzdaliště s vodními atrakcemi a hračkami, kde si pod dohledem rodičů mohou užít vodní radovánky. Teplota vody se v brouzdališti udržuje na hodnotě 33°C. Stejně jako vířivka, je i dětský bazén napojen na akumulaci jímku v technologickém zázemí bazénu o velikosti 4 m³. Celkový objem vody v okruhu tohoto vodního celku je 5,81 m³.

Ohřev vířivky a dětského brouzdaliště je problematictější a náročnější než ohřev vody ve velkém bazénu. Tam mohl být použit obyčejný průtokový ohřev, nově napouštěné vody v průběhu celého dne. U vířivky a brouzdaliště je zapotřebí ohřát kompletní objem nové vody najednou, jelikož se oba celky každý večer musí vypustit. Celkový objem vířivky, brouzdaliště a akumulací nádrží je 10,97 m³, který se musí dennodenně vypouštět a vzápětí napouštět čerstvou vodou.

Voda v brouzdališti a vířivce je přes čerpadlové jednotky hnaná do akumulačních jímek. Odtud je přepouštěna dalšími čerpadly do filtračních jednotek, v jižní části suterénu (2. technologická místnost). Tam se voda přefiltruje a putuje zpět do bazénových celků.



Obr. 14 Dětské brouzdaliště

Zdroj: [22]

Pro výpočet potřeby tepelné energie, vycházíme z množství nově přivedené vody z vodovodního řadu. Tato voda se napouští vždy po ukončení provozní doby a vyprání filtrů znečištěnou vodou, která je následně vypouštěna do kanalizace. Množství nově napouštěné vody je $10,97 \text{ m}^3$ o průměrné teplotě 11°C .

$$Q_{\text{pot.}} = V \cdot \rho \cdot c_w \cdot \Delta t = 10,97 \cdot 1000 \cdot 4200 \cdot (33 - 11) = 1,2 \frac{\text{GJ}}{\text{den}} = 281 \text{ kWh/den}$$

	Teplota		Množství		
	Teplota nové vody [$^\circ\text{C}$]	bazénové vody [$^\circ\text{C}$]	nové vody [m^3]	Potřeba tepla [GJ/den]	Potřeba tepla [kWh/den]
Vířivka +					
Brouzdaliště	11	33	10,97	1,2	281,0

Tab. 10 Potřeba tepla pro ohřev vířivky a brouzdaliště

Při návrhu solární soustavy pro ohřev vřívkvy a brouzdaliště, musíme opět uvažovat disponibilní plochu střechy, a umístění kolektorových polí. V tomto ohledu, by se navazovalo na kolektorová pole velkého bazénu, a na vedlejší, nižší střechu sousedící právě se střechou velkého bazénu. Tuto nižší střešní část nemůžeme využít celou, z důvodu stínění budovy finančního úřadu, která s ní sousedí.

Při výpočtu solárního systému pro ohřev vody ve vřívkce a dětském bazénu (brouzdališti) se vychází ze stejných výpočtů jako u velkého bazénu. Je použit výpočet tzv. účinnosti charakteristiky kolektoru. Veškeré výpočty byly provedeny v programu Excel a zaznamenány v tabulce. Potřeba tepelného výkonu pro denní ohřev činí 281 kWh. Návrh systému se odvíjel od této hodnoty, kdy musely být pokryty potřeby v měsíci květnu a červnu, a zároveň tyto hodnoty nesměly být přesahovány, aby nedocházelo k velkým přebytkům tepelné energie.

Byl vypočten výkon 1 m² kolektoru TS 500 při slunečním záření v květnu 12:00 hod. Potřeba tepelného výkonu pro ohřev vody ve vřívkce a brouzdališti je 181 kWh/den. Dle výpočtů je zvoleno kolektorové pole po 7 kolektorech zapojených sériově ve skupině. Z důvodu bezpečnosti nechceme přebytky tepla, takže je voleno množství skupin kolektorů s minimálními přebytky v měsíci květnu a červnu, kdy podle hodnot z meteonormu bylo největší sluneční záření. Maximální počet skupin kolektorů je 8 po 7 kolektorech, tedy celkem 56 kolektorů. Kolektor TS 500 má plochu 2,26 m². Plocha 1 kolektorového pole bude:

$$A_k = 7 \cdot 2,26 = 17,71 \text{ m}^2$$

Výpočet výkonu kolektorového pole po 5 kolektorech TS 500 viz. níže.

$$Q_k = A_k \cdot q_k = 17,71 \cdot 406,48 = 7198,8 \text{ Wh} = 7,199 \text{ kWh}$$

Poté provedeme sumarizaci všech hodin v měsíci a podělíme počtem dní v měsíci. Tím získáme průměrný denní energetický zisk z termické soustavy. První den v měsíci květen vychází následovně:

Průměrná denní suma získané energie z 1 pole kolektorů v měsíci květen činí

$$Q_p = 34,99 \text{ kWh/den}$$

$$Q_{pot} = 281 \text{ kWh/den}$$

Hodnoty jsou vzaty z výpočtů v Excelu.

Výpočet množství kolektorových polí:

$$n_p = \frac{Q_{pot}}{Q_p} = \frac{281}{34,99} = \mathbf{8,03 \text{ polí}}$$

Dle výpočtu je zvoleno 8 kolektorových polí po 7 kolektorech zapojených do série. Celkem se na ohřev vířivky a brouzdaliště použije 56 kolektorů.

Celková získaná hodnota tepelné energie ze solárního systému pro ohřev vířivky a bazénu činí:

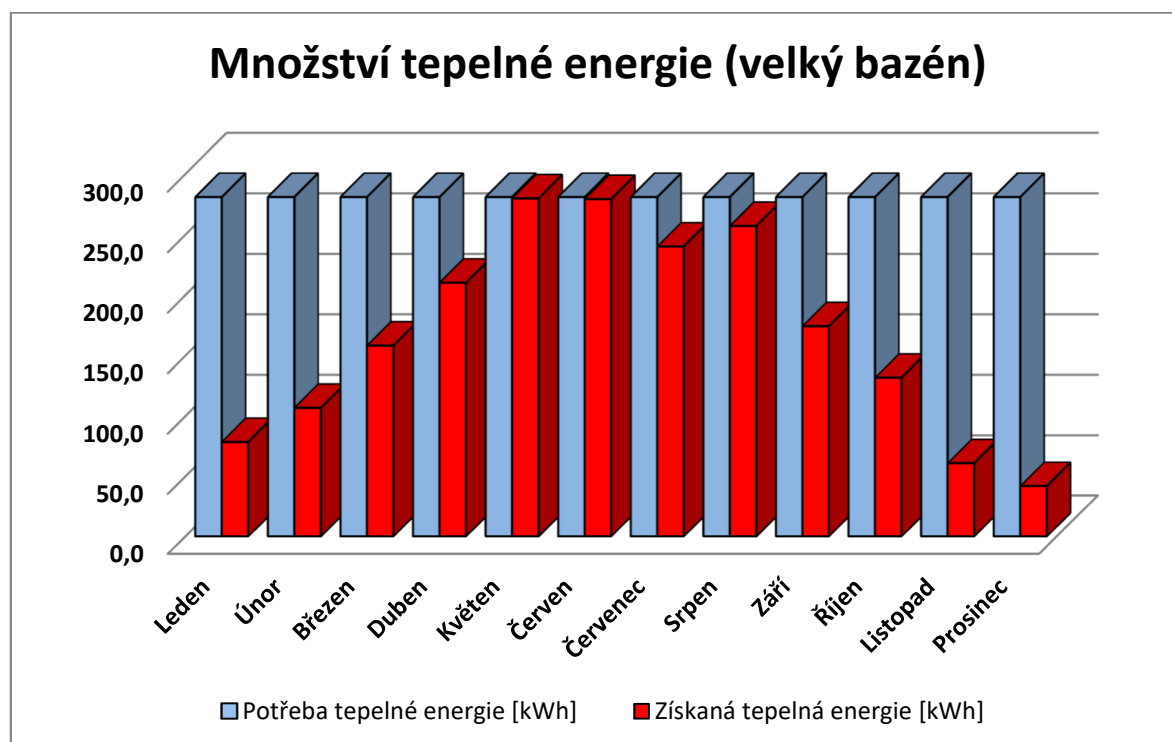
$$Q_{celk.} = Q_p \cdot n_p = 34,99 \cdot 8 = \mathbf{279,92 \text{ kWh/den}}$$

Výpočet přebytků a nedostatků získané energie vypadá následovně:

$$Q_{přeb} = Q_k - Q_{pot} = 279,92 - 281 = \mathbf{-1,08 \text{ kWh/den}}$$

Měsíc	Potřeba tepelné energie $Q_{\text{pot.}}$ [kWh/den]	Získané energie celkem $Q_{\text{k.}}$ [kWh/den]	Bilance tepelné energie $Q_{\text{přeb.}}$ [kWh/den]	Pokrytí tepelné energie [%]
Leden	281,0	78,55	-202,5	28,0%
Únor	281,0	106,73	-174,3	38,0%
Březen	281,0	158,2	-122,8	56,3%
Duben	281,0	210,2	-70,8	74,8%
Květen	281,0	279,9	-1,1	99,6%
Červen	281,0	279,3	-1,7	99,4%
Červenec	281,0	240,07	-40,9	85,4%
Srpen	281,0	257,07	-23,9	91,5%
Září	281,0	174,25	-106,8	62,0%
Říjen	281,0	131,66	-149,3	46,9%
Listopad	281,0	60,97	-220,0	21,7%
Prosinec	281,0	41,98	-239,0	14,9%
Průměr/den	281,00	168,24	-112,76	59,9%
Celkem za rok	102565,00	61407,60	-41157,40	59,9%

Tab. 11 Energetické zisky solární soustavy č. 2 (vřívkva a brouzdaliště)



Graf 2 Bilance tepelné energie systém č. 2 (vřívkva a brouzdaliště)

8.1 Návrh akumulční nádrže

Jelikož nám sluneční záření dodává energii přes den kdy je bazén v provozu a voda ve vířivce ani v brouzdališti se nevyměňuje, je zapotřebí získané teplo akumulovat. Je tak třeba počítat s jednodenním předstihem ohřevu vody. Z tohoto důvodu bude zapotřebí nainstalovat v suterénu blízko technické místnosti akumulční zásobníky, které tento princip ohřevu zvládnou. Konečná teplota v nádržích může být vyšší a vždy při napouštění se naředí se studenou vodou z vodovodního řádu na odpovídající teplotu 32°C.

Umístění nádrží je navrženo v místnosti suterénu nacházející se vedle technické místnosti v severní části objektu. Místnosti v suterénu nejsou již léta využívány a není problém zde umístit akumulční zásobníky, které se nevejdou do technické místnosti. Pro výběr zásobníků je na trhu k dispozici poměrně široký sortiment výrobků i jejich dodavatelů.

9. Využití rekuperace tepla (systém č. 3)

Při řešení solárního ohřevu vody pro krytý bazén v Orlové, navrhuji také zpětné využití tepla rekuperací při vypouštění vířivky a brouzdaliště. Tento systém není hlavním cílem práce, ale je ukázkou toho, jak lze na velkých bazénech využít odpadní teplo a dosáhnout značných energetických i ekonomických úspor. V objemu 10 m³ denně vypouštěné vody, která má teplotu 32 °C je poměrně velké množství tepelné energie, kterou je škoda nevyužít. Využitím tohoto tepla k ohřátí nové vody by se také snížila velikost termického systému, resp. velikost kolektorového pole.

9.1 Návrh systému

Rekuperace tepla v kombinaci se solárním ohřevem je ideální kombinací pro maximalizaci energetických zisků a úspory provozních nákladů. Technická stránka věci je ovšem složitá. Solární tepelné zisky je zapotřebí akumulovat v nádrži, jako v předchozím případě. Rekuperace tepla bude probíhat přes trubkové výměníky, a nová voda se musí akumulovat také v nádržích. Po rekuperačním cyklu, kdy kompletní objem vody z vířivky a brouzdaliště proteče přes výměníky a předá zde svou energii, se následně použije pro vyprání filtrů a vypustí do odpadní kanalizace. Poté bude vířivka a brouzdaliště napuštěna smícháním ohřáté vody ze solárního systému a ohřáté vody z rekuperace. Tento koloběh bude probíhat každý večer po ukončení provozní doby.

9. 1. 1 Rekuperace tepla

Bude probíhat každý večer po ukončení provozní doby, jelikož je hygienickou normou dáno vyměnit kompletní objem vody za vodu novou. Každý vodní celek, tzn. vířivka i brouzdaliště budou mít své vlastní čerpadlo. Pomocí těchto čerpadel se voda prožene přes trubkové výměníky a následně vrátí zpět do bazénů. Tuto vodu je třeba vrátit zpět do bazénů, jelikož se pomocí ní následně perou filtry a až poté se vypouští do kanalizace. Nová voda o teplotě 10 °C se přes rekuperační výměníky ohřeje a napustí do akumulační nádrže.

9. 1. 2 Návrh výměníku

Pro návrh odpovídajícího výměníku byl použit program firmy Secespol, Cairo 1.1. Pomocí tohoto programu byl vybrán trubkový výměník JAD K 26.480. I když má trubkový výměník menší zisky než deskový, byl z důvodu servisního čištění zvolen právě tento typ výměníku, jelikož jednou z pracovních kapalin bude znečištěná voda.



Obr. 15 Trubkový výměník

Zdroj: Program Cairo 1.1, Secespol

Dalším důležitým aspektem při návrhu výměníku byla doba vypouštění, resp. množství vody za čas, která proteče výměníkem. Návrh vycházel z maximální doby jedné hodiny, tzn. Byl navrhnut výměník kterým, proteče 10 m³ vody za jednu hodinu. Kompletní technické data výměníku jsou v příloze č. 5.

$$Q = V \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Delta t = 10,97 \cdot 4200 \cdot 1000 \cdot (33 - 21) = 551\,834\,J = 0,552\,GJ/den$$

	Teplota nové vody [°C]	Teplota bazénové vody [°C]	Množství nové vody [m3]	Potřeba tepla [GJ/den]	Potřeba tepla [kWh/den]
Vířivka + Brouzdaliště Po rekuperaci	11 21	33 33	10,97 10,97	1,01 0,55	281,0 153,3
				Získaná energie	127,7

Tab. 12 Získaná energie z rekuperace tepla

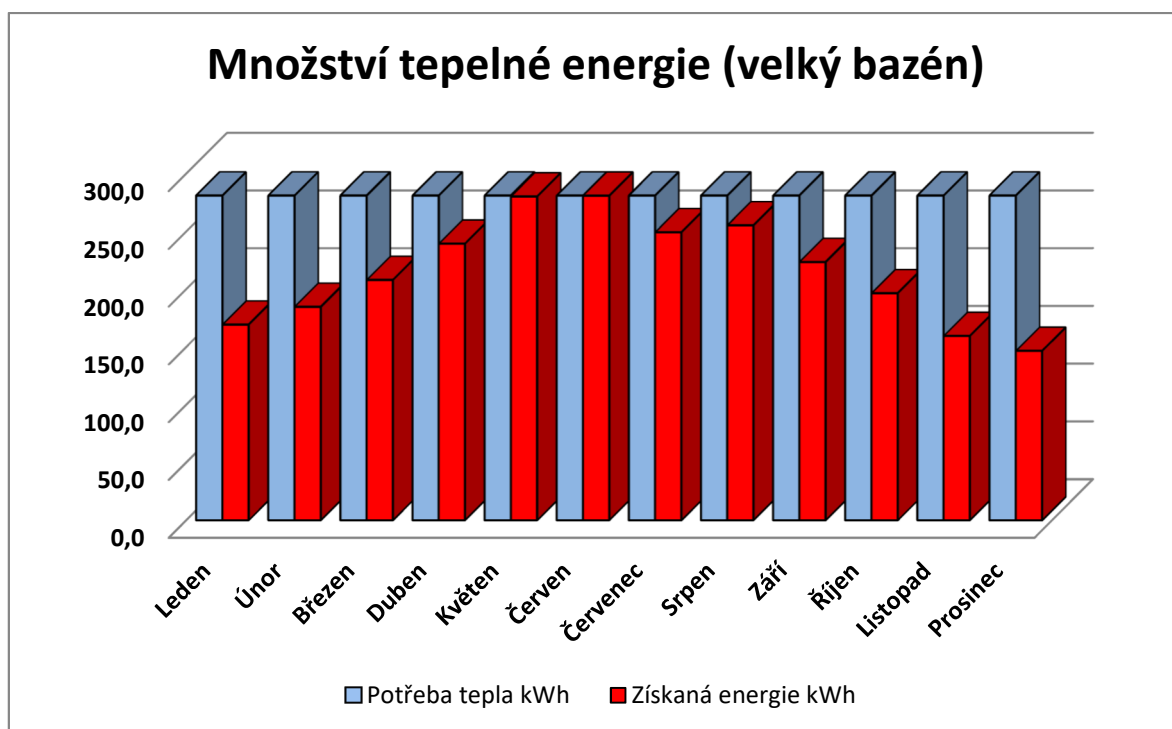
Z tabulky lze vyčíst, že potřeba tepla pro ohřátí vody z 21 °C na 33 °C je o 127,7 kWh nižší, než u ohřevu vody z 10 °C. Zbylá potřeba tepla se pokryje ziskem z termického systému. Velikost kolektorového pole bude mnohem nižší, než kdybychom rekuperaci tepla nevyužili.

9. 1. 3 Návrh solárního systému

Návrh solárního systému vychází z potřeby tepla pro ohřev vody po rekuperaci odpadního tepla z vypouštění bazénů. Tato potřeba bude snížena o zisky z odpadního tepla. Za potřebí bude ohřát voda pouze z 21 °C na 33 °C.

Měsíc	Potřeba tepelné energie $Q_{\text{pot.}}$ [kWh/den]	Získaná energie z rekuperace Q_r [kWh/den]	Získané energie z termiky Q_k [kWh/den]	Získané energie celkem Q_c [kWh/den]	Bilance tepelné energie $Q_{\text{přeb.}}$ [kWh/den]	Procentuální pokrytí tepelné energie
Leden	281,0	127,7	41,5	169,2	-111,8	60,2%
Únor	281,0	127,7	56,9	184,6	-96,4	65,7%
Březen	281,0	127,7	80,2	207,9	-73,1	74,0%
Duben	281,0	127,7	111,6	239,3	-41,7	85,2%
Květen	281,0	127,7	152,5	280,2	-0,8	99,7%
Červen	281,0	127,7	153,2	280,9	-0,1	100,0%
Červenc.	281,0	127,7	121,5	249,2	-31,8	88,7%
Srpen	281,0	127,7	127,5	255,2	-25,8	90,8%
Září	281,0	127,7	95,7	223,4	-57,6	79,5%
Říjen	281,0	127,7	68,7	196,4	-84,6	69,9%
Listopad	281,0	127,7	31,7	159,4	-121,6	56,7%
Prosinec	281,0	127,7	18,8	146,5	-134,5	52,1%
Průměr	281,0	127,7	88,3	216,0	-65,0	76,9%
Celk. za rok	102565	46610,5	32235,6	78846,1	-23718,9	76,9%

Tab. 13 Energetické zisky solární soustavy č. 3 (rekuperace tepla)



Graf 3 Bilance tepelné energie systém č. 3 (využití rekuperace tepla)

Stejně jako v předchozích návrzích byly použity totžné vzorce a výpočet byl proveden v programu Excel. Navrhuje se solární soustava s hmotnostním tokem 30 kg/hod. Počet kolektorových polí je 6 po 5 kolektorech. Dohromady tedy 30 kolektorů.

10. Kompletace systému č. 1 a č. 2

Základní návrhy pro ohřev bazénu jsou termické soustavy č. 1 a č. 2, kde není využita rekuperace tepla. Termický systém č. 3 s rekuperací tepla byl pouze ukázkou a možnou inspirací k odlehčení solární soustavy a využití odpadního tepla bazénové vody. Nad tímto systémem se dá přemýšlet u každého takového zařízení, ale je zapotřebí provést důkladnou projektovou dokumentaci se správným návrhem výměníku.

Solární systém navržený pro ohřev bazénové vody na KB Orlová, je schopen získat pozoruhodné množství energie, a být tak ekonomickým a enviromentálním přínosem. Sumarizaci celého systému č. 1 a 2 znázorňuje tabulka č. 14

	Počet kolektorových polí	Počet kolektorů celkem	Potřebná energie Q_{pot} [kWh/rok]	Získaná energie Q_{celk} [kWh/rok]	Bilance energie $Q_{přeb.}$ [kWh/rok]	Procentuální pokrytí energie [%]
Velký bazén	6	30	58217,5	33639,3	-24578,2	57,8%
Vířivka + Bruzdaliště	8	56	102565	61407,6	-41157,4	59,9%
Celkem [kWh/rok]	14	86	160782,5	95046,9	-65735,6	59,1%
Celkem [MWh/rok]			160,78	95,05	-65,74	59,1%

Tab. 14 Bilance energetických zisků systém č. 1 a 2

Solární soustavy jsou záměrně takto uspořádány, aby byla zajištěna co nejekonomičtější instalace a zároveň bylo dodrženo správné hydraulické navržení rozvodů. Řady musí mít stejný počet polí, aby nedocházelo k větším odporům na jedné straně, a zároveň přehřívání kolektorů na straně druhé. Rozdělení jednotlivých kolektorů a jejich průtoků znázorňuje tabulka viz. níže. Schématické rozdělení soustavy viz. příloha č. 4.

	Počet kolektorových polí	Počet kolektorů v 1 poli	Počet kolektorů celkem	Průtok [kg/hod.]
Velký bazén	6	5	30	30
Vířivka + Brouzdaliště	8	7	56	40
Celkem	14		86	

Tab. 15 Počet kolektorů a kolektorových polí

11. Komponenty soustavy

Solární systém se skládá z řady dílčích částí, které spolu musí bezproblémově koordinovat. Kromě kolektorových polí, které přeměňují krátkovlnné záření na tepelnou energii, je zapotřebí přenosové soustavy, akumulčních nádrží, zabezpečovacích zařízení, tepelných výměníků, řídicích jednotek apod. V našem případě se zabýváme komponentami pro návrh ohřevu velkého bazénu, vířivky a brouzdaliště bez rekuperace tepla.

11.1 Potrubní rozvody

Potrubní rozvody u velkých termických systémů jsou jednou z nejdůležitějších součástí. Hydraulické propojení jednotlivých kolektorových polí musí být zajištěno tak, aby docházelo k rovnoměrnému průtoku a odvodu získané tepelné energie k výměníkům pro ohřev vody. Správný návrh hydraulických obvodů a dimenzování jejich průřezů je podmínkou pro bezporuchovou funkci celého systému a vyloučení na jedné straně lokálního přehřívání některých polí a na druhé straně pak omezení tepelných ztrát. Nedílnou součástí rozvodů je také návrh tepelné izolace. Zejména je nutné brát zřetel na odolnost izolací proti povětrnostním podmínkám, slunečnímu záření (zejména jeho UV složce) a také jejich odolnost vůči vysokým teplotám samotného potrubí, kde mohou (v případě dosažení stagnačních stavů) jednorázově teploty vystoupat až na hodnoty 196 °C.

Z hlediska hydraulických a materiálových podmínek v jednotlivých větvích termické soustavy bude zvoleno měděné potrubí v dimenzích 18x1 mm až 54x1,5 mm. V případě větších průřezů a minimalizaci nákladů je možno zvolit potrubí ocelové, nikoliv však pozinkované nebo nerezové. V tomto případě je třeba věnovat pozornost vzájemnému elektro-galvanickému působení kovů z hlediska vzniku koroze. V našem případě budou kompletní rozvody provedeny v měděném potrubí.

11. 1. 1 Návrh hydrauliky potrubí

V našem případě bude navrhováno potrubí pro termický systém ohřívající velký bazén, vířivku a brouzdaliště bez rekuperace tepla. Tzn. systémy č. 1 a 2. Rozvržení solárních panelů bylo záměrně navrženo rovnoměrným způsobem, aby nedocházelo k větším odporům na jedné straně, a tím přehřívání některých kolektorových polí. Solární systém velkého bazénu č. 1 bude sveden do technické místnosti č.1 v severní části KB. Zde bude napojen na deskový výměník a poháněn cirkulačním čerpadlem. Termický systém vířivky a brouzdaliště č. 2 bude sveden do suterénu vedle technické místnosti. Zde je nevyužita plocha, kde se mohou umístit akumulární nádrže a příslušná zařízení k tomuto systému.

11. 1. 2 Výpočet potrubí

Veškeré výpočty a návrhy byly prováděny pro měděné potrubí a teplotou 100 °C SOLAREN. Přívodní potrubí bylo navrhováno pro teploty 20 °C s označením „lp“, jako přívodní potrubí a „lpp“ přívodní připojovací potrubí. Vratné potrubí bylo navrhováno pro teploty 80 °C, s označením „lv“ atd. Veškeré hodnoty pro návrh potrubí byly vzaty z tabulek „Tabulky pro stanovení hydraulické ztráty třením v kruhovém potrubí a hydraulické ztráty místními odpory při proudění teplotosné kapaliny SOLAREN“. Rychlost proudění kapaliny v potrubí se musí pohybovat v rozmezí 0,3 až 0,5 m/s.

Základní hodnotou pro návrh byl hmotnostní tok kapaliny pro systém č.1, 30 kg/hod. na jeden kolektor, a systém č. 2, 40 kg/hod. Dopravované množství teplotosné kapaliny do každého pole musí být:

$$\text{Systém č. 1 (velký bazén):} \quad \dot{m} = 30 \cdot 5 = 150 \frac{\text{kg}}{\text{hod}}$$

$$\text{Systém č. 2 (vířivka + brouzdaliště):} \quad \dot{m} = 40 \cdot 7 = 280 \frac{\text{kg}}{\text{hod}}$$

Z údajů zjištěných v tabulkách pro hydraulické ztráty potrubí a teplotosnou kapalinu SOLAREN, jsme zjistili velikosti potrubí pro jednotlivé úseky, které jsou zaznamenány v tabulkách a výkrese viz. přílohy. Dále byly určeny tlakové a místní ztráty na potrubí. To se odvíjí od délky jednotlivých úseků a množství oblouků, fitinek, tvarovek apod. Tak se určí celkové ztráty na celém systému a navrhne se oběhové čerpadlo, které zajistí potřebné dopravované množství kapaliny.

Pro ukázkou návrh a výpočet přívodního potrubí (20 °C) pro jedno pole s hmotnostním tokem 280 kg/hod. Dle tabulek volíme potrubí 18x1 mm (vnější průměr x tloušťka stěny). [6]

$$R = 302,7 \text{ Pa/m}$$

$$w = 0,37 \text{ m/s}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

Úsek má jednu rozbočku tvaru „T“ a dle tabulek byla zjištěna hodnota tlakové ztráty místními odpory: [6] [23]

$$\Delta p_{ZM} = 71,3 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{ZT} = L \cdot R = 0,2 \cdot 302,7 = \mathbf{60,54 \text{ Pa}}$$

$$\Delta p = \Delta p_{ZT} + \Delta p_{ZM} = 60,54 + 71,3 = \mathbf{131,84 \text{ Pa}}$$

Připojovací potrubí na přívodním úseku ke každému kolektorovému poli bude mít celkovou ztrátu 131,84 Pa. [6] [23]

m – hmotnostní tok teplotnosného média [kg/hod.]

R – poměrná tlaková ztráta třením v potrubí [Pa/m]

w – rychlost proudění kapaliny [m/s]

L – délka úseku [m]

Δp_{ZT} – tlaková ztráta třením v potrubí [Pa]

Δp_{ZM} – tlaková ztráta místními odpory [Pa]

Δp – celková tlaková ztráta úseku [Pa]

11.2 Čerpadlová jednotka

Velké solární soustavy musí vždy pracovat s nuceným oběhem teplotnosného média. Oběh této kapaliny zajišťuje čerpadlová jednotka a řídicí systém. Od 1. 9. 2015 musí být oběhové solární čerpadlo v energeticky úsporném provedení. Obvykle je čerpadlová jednotka rovněž osazena měřením teplot, měřením a regulací průtoku teplotnosné kapaliny, měřením pracovního tlaku v soustavě. Dimenzování oběhového čerpadla bude záviset na hydraulickém návrhu solárního systému. Dimenzování musí

odpovídat celkovému požadovanému průtoku a a hydraulickému odporu systému. Čerpadlová jednotka je většinou rovněž osazena pojistným ventilem a umožňuje připojení expanzní nádrže.

11.3 Teplonosná kapalina

Jako teplonosné médium se u celoročně využívaných systémů používají nemrznoucí směsi SOLAREN. Jedná se o teplonosné kapaliny na bázi vodní směsi a propylenglykolu, které jsou nejedovaté a teplota tuhnutí je kolem $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Stagnační teplota se pohybuje okolo $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ (u plochých kolektorů). Oproti vodě, která se používá u jednoduchých systémů (většinou ohřev malých bazénů) mají směsi propylen-glykolu jiné termo-fyzikální vlastnosti: [24]

- Nižší tepelnou kapacitu
- Nižší tepelnou vodivost
- Větší objemovou roztažnost
- Vyšší kinematickou viskozitu

Tyto vlastnosti jsou důležitým aspektem pro určení hydraulických (tlakových) ztrát v potrubí, návrhu expanzní nádoby atd.

11.4 Nosná konstrukce

Solární kolektory se většinou upevňují na nosné konstrukce z hliníkových profilů, které se ukládají přímo na střechu s využitím zátěžových bloků, nebo s uložením na trapézové plechy s celoplošným šterkovým zásypem. Toto uložení razantně přidává na zatížení stavebních konstrukcí střechy, které převyšují předpokládané hodnoty statické odolnosti. Vzhledem ke stavu střešních konstrukcí u KB Orlová, nelze ukotvit kolektory běžným způsobem, jelikož statická únosnost by nezvládla zatížení od nové konstrukce.

Řešením je buď kompletní rekonstrukce zastřešení (velmi nákladné a zdoluhavé), nebo vytvoření atypické nosné konstrukce, která zajistí nejen ukotvení kolektorových polí ke stavebnímu objektu, ale také vhodným způsobem přenesení statické i dynamické zatížení (větrem, sněhovou pokrývkou) až na svislé nosné konstrukce stavby.

Nosníky by byly konstruovány tak, aby zároveň tvořily nosný rám pro kolektorové pole se sklonem 35° a orientaci směrem k jihu. V této diplomové práci se konstrukčním řešením nosníků zabývat nebudeme.

11. 4. 1 Specifikace rizik

Jedna z možností provedení statické konstrukce jsou tedy příhradové nosníky. Avšak i před tímto návrhem je doporučeno provést diagnostiku technického stavu železobetonových průvlaků, sloupy, nosných zdí, základových konstrukcí a jejich spojů. Bez provedení této diagnostiky nelze stavbu solární soustavy realizovat, neboť se může stát, že vzhledem ke stáří konstrukce a ke statickým problémům, které se projeví již v minulosti, nemusí ŽB konstrukce splnit současné požadavky na statickou spolehlivost. Před jakýmkoliv zásahem do statiky stavby je doporučeno provedení diagnostiky současného stavu zejména těchto konstrukcí:

- míra degradace betonu a ŽB prvků u všech nosných konstrukcí
- koroze výztuže ŽB konstrukcí ve styčnicích
- poškození krycích vrstev betonu a odhalení výztuže u ŽB prvků
- táhla propojující stropní panely přes průvlak, nebo připojující stropní panely k obvodovým průvlakům
- míra degradace základových konstrukcí

11. 5 Zabezpečovací zařízení

Solární systémy pracují v poměrně rozsáhlém rozmezí teplot. V zimním období může teplota nemrznoucí směsi klesnout hluboko pod bod mrazu, naopak v letním období pracuje kapalina s teplotami až do 100°C . Nastat může také tzv. stagnační stav, kdy teplota kolektorů může vystoupat až na 196°C . Tyto značné rozdíly teplot vyžadují odpovídající zabezpečovací systém. Základem je dostatečně veliká expanzní nádrž, umístěna v technické místnosti. Systém je opatřen také několika pojistnými ventily. Konkrétní návrh zabezpečovacích prvků vychází z hydraulického návrhu solární soustavy.

11. 6 Výměníky tepla

Výměníky tepla slouží k předávání teplených zisků solárních kolektorů do místa spotřeby. Voda ve velkém bazénu bude ohřívána přímo bez akumulace skrze průtokové výměníky tepla. U vířivky a dětského bazénu bude třeba vzhledem k denním výměnám

těchto vod pracovat s časovým předstihem. V tomto případě bude výměníková plocha součástí akumulární nádrže. U návrhu rekuperace tepla, je výměník navrhnut přímo v kapitole. Zde byl výměník navrhnut v programu Cairo 1.1 od společnosti Secespol.

12. Stanovení environmentálního přínosu

Instalace solárního ohřevu může být realizována z několika důvodů. Ten nejčastější je ryze ekonomický, který se ve většině případů odvíjí u každého zhodnocení investice. Dlouhá léta je již také srovnávacím měřítkem environmentální přínos. Jedná se o ekologický pohled na zařízení se záměrem snižování produkce vzniklých emisí, tzn. produkce znečišťujících látek do ovzduší. Zde je však třeba upozornit, že neexistují žádné směrné hodnoty pro určení množství emisí vzniklých spálením určitého druhu paliva, či vzniklých při výrobě elektrické energie, které by sloužily pro jednotnou specifikaci environmentálních přínosů. Pro vyhodnocení množství emisí, existuje tzv. emisní faktor pro systémovou elektřinu neboli faktor určující kolik emisí se vyprodukuje na výrobu elektrické energie z různých zdrojů. Následující tabulka představuje měrné výrobní emise, které odpovídají spotřebě elektrické energie u koncového odběratele. [25]

Typ	Emisní faktory [kg/GJ]					
	TZL	SO ₂	NO _x	CO	Org. Látky	CO ₂
Teplo ze zdrojů CZT	0,0093	0,258	0,137	0,0155	0,012	109,6

Tab. 16 Emisní faktory elektráren

Zdroj: [30]

Zdrojem tepelné energie v Orlové je černouhelná elektrárna Dětmárovice, takže veškeré výpočty se budou vztahovat právě k tomuto zdroji. Abychom vypočetli ušetřené emise, je zapotřebí znát celkové zisky ze solární soustavy za rok.

$$Q_{\text{celk.}} = 95 \text{ MWh/rok} = 342 \text{ GJ/rok}$$

Výpočet nevyprodukovaných emisí elektrárnou Dětmárovice díky získaným tepelným ziskům z termické soustavy:

$$E_{\text{TZL}} = F_{\text{TZL}} \cdot Q_{\text{celk.}} = 0,0093 \cdot 342 = 3,18 \text{ kg/rok}$$

$$E_{\text{SO}_2} = F_{\text{SO}_2} \cdot Q_{\text{celk.}} = 0,258 \cdot 342 = 88,2 \text{ kg/rok}$$

$$E_{NOx} = F_{NOx} \cdot Q_{celk.} = 0,137 \cdot 342 = \mathbf{46,9 \text{ kg/rok}}$$

$$E_{CO} = F_{CO} \cdot Q_{celk.} = 0,0155 \cdot 342 = \mathbf{5,3 \text{ kg/rok}}$$

$$E_{org.} = F_{org.} \cdot Q_{celk.} = 0,012 \cdot 342 = g = \mathbf{4,1 \text{ kg/rok}}$$

$$E_{CO2} = F_{CO2} \cdot Q_{celk.} = 109,6 \cdot 342 = 90214565 \text{ g} = \mathbf{37483 \text{ kg/rok}}$$

Environmentální zhodnocení	Množství emisí nevytvořených díky termické soustavě [kg/rok]					
	TZL	SO2	Nox	CO	Org. Látky	CO2
	3,2	88,9	46,9	5,3	21426,3	37483,2

Tab. 17 Množství ušetřených emisí termickou soustavou

$Q_{celk.}$ – Celková získaná tepelná energie ze solárního systému [GJ/rok]

E_{TZL} – Nevyprodukované emise TZL (na základě solárních zisků) [kg/rok]

E_{SO2} – Nevyprodukované emise SO₂ (na základě solárních zisků) [kg/rok]

E_{NOx} – Nevyprodukované emise NO_x (na základě solárních zisků) [kg/rok]

E_{CO} – Nevyprodukované emise CO (na základě solárních zisků) [kg/rok]

$E_{org.}$ – Nevyprodukované emise organických látek (na základě solárních zisků) [kg/rok]

E_{CO2} – Nevyprodukované emise CO₂ (na základě solárních zisků) [kg/rok]

F_{TZL} – Emisní faktor TZL černouhelné elektrárny [kg/rok]

F_{SO2} – Emisní faktor SO₂ černouhelné elektrárny [kg/rok]

F_{NOx} – Emisní faktor NO_x černouhelné elektrárny [kg/rok]

F_{CO} – Emisní faktor CO černouhelné elektrárny [kg/rok]

F_{org} – Emisní faktor organických látek černouhelné elektrárny [kg/rok]

F_{CO_2} – Emisní faktor CO_2 černouhelné elektrárny [kg/rok]

13. Ekonomické posouzení

Technická zařízení pro využití sluneční energie jsou pro svoji prvotní investici velice nákladné. Jejich provozní náklady jsou ovšem velice nízké, a návratnost je poměrně rychlá. Životnost systému je s pokročilými technologiemi také velmi zajímavá a pohybuje se okolo 30 až 50 let. Pro ekonomické vyhodnocení záměru je ovšem nutné znát mnoho parametrů, které mohou výhodnost instalace výrazně ovlivnit.

13.1 Investiční náklady

Pro stanovení přesné výše investičních nákladů celého solárního systému na KB Orlová je nutné mít k dispozici kompletní projektovou a prováděcí dokumentaci. Nejdůležitější je mít návrh nosné konstrukce, která značně ovlivní celkovou výši investice. Do investičních nákladů na instalaci solární soustavy je nutné započítat všechny výdaje spojené s instalací solární soustavy, od ceny studie, projektu, materiálu, dopravy a montáže po nezbytné stavební úpravy, které instalace solární soustavy vyvolá. Zejména stavební úpravy velice ovlivňují náklady u velkých systémů jako je ohřev bazénového komplexu a odhadnout tyto náklady je velice obtížné, jelikož jsou u každého projektu specifické. Cena prvků solárních soustav souvisí s velikostí instalované plochy solárních kolektorů. Významnými položkami, ovlivňujícími výši investice jsou:

- Objem akumulčních nádrží
- Velikost výměníků a teplosměnných ploch
- Světlost potrubí a jejich délky
- Tloušťka tepelné izolace
- Oběhová čerpadla
- Objem expanzních nádob

13.2 Stavební práce a investice

Jak již bylo řečeno, velikou část investice budou tvořit stavební práce, diagnostika stavby a náklady spojené s nimi. Především se jedná o odkrytí střešní části, a diagnostika ŽB průvlaků a sloupů v místech kotvení nosných konstrukcí kolektorů. Dle technického stavu konstrukcí a rozsahu provedení potřebných diagnostik se mohou náklady na tyto práce, včetně zpracování projektové dokumentace nosníků pohybovat v rozmezí 300 až 500 tisíc Kč.

Na základě návrhu byla s výrobní a montážní firmou navrhnutá cena za nosné konstrukce kolektorů. Přesněji by se jednalo o atypické příhradové nosníky z oceli s pozinkovaným povrchem. Cena za ocelový materiál, zhotovení nosníků a montáž na střešní konstrukci se pohybuje v rozmezí 65 až 80 Kč za kilogram. Nosníky dlouhé 19 metrů na KB Orlové by vážily zhruba 1500 kg. Cena za takový jeden nosník (výroba + montáž) se pohybuje kolem 120 000 Kč. K tomu musíme připočítat 20 % ceny na pozinkování, výsledná cena činí 150 000 Kč. Na KB Orlová je navrženo 7 takových atypických nosníků, v celkové ceně 1 050 000 Kč.

Dle předběžného odhadu by výše investice diagnostiky, projektů a stavebních prací vyšla na **1 500 000 až 2 000 000 Kč**.

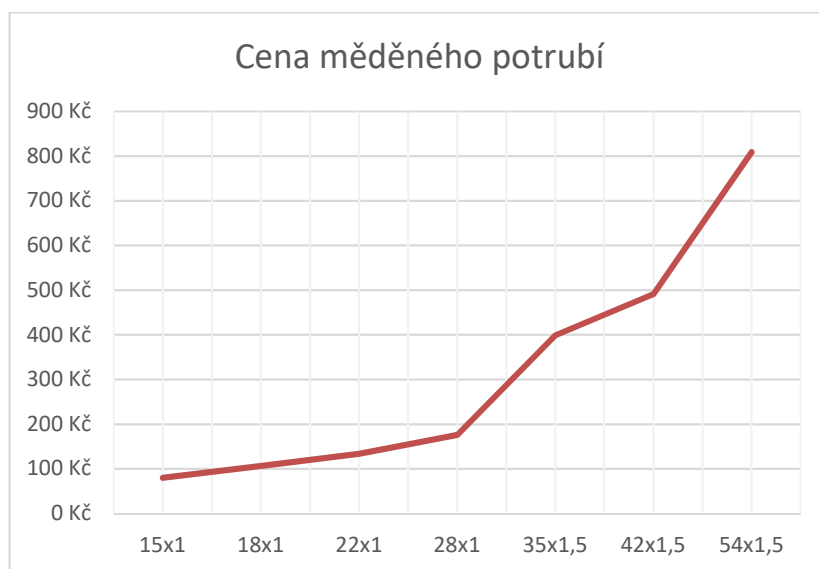
13.3 Investice solární soustavy

Základní i investiční položkou u termických systémů je kolektorové pole a vlastní fototermické panely. Pro ohřev bazénové vody v Orlové je použito 86 ks solárních kolektorů Thermo/Solar TS 500. Cena všech kolektorů činí 1 032 000 Kč. Další položkou jsou akumulční nádrže a jejich příslušenství (ventily, expanzní nádoby, čidla). Cena zásobníků se velice liší, a na trhu je spousta různých typů. V našem případě budou akumulční zásobníky použity pouze u ohřevu vířivky a brouzdaliště, kde potřebujeme předem nahřát vodu. Možností kombinace zásobníků je různá, zvolena bude maximální cena 150 000 Kč za 2 ks 5000 litrových akumulčních nádrží s jedním výměníkem.

13.4 Investice potrubí

Významnou roli v nákladech hrají potrubní rozvody a jejich tepelná izolace. I když je systém provozován v režimu low-flow, s velkým počtem kolektorů a kolektorových polí narůstá také světlost potrubí a jeho cena. Dle nejnovějších údajů navíc cena mědi bude stoupat, což výrazně ovlivní také cenu systému. Solární soustava v Orlové je navrhnutá tak aby se minimalizovaly náklady na potrubí a jeho izolaci. Proto se velké soustavy navrhují

s low-flow průtokem a ohřátím teplotonosné kapaliny na vysokou teplotu. Zejména u velkého systému pro ohřev vířivky a brouzdaliště se uvažuje nad variantou vést hlavní potrubí ve dvou menších trubkách než jedné velké, jelikož cena měděného potrubí začíná od velikosti 42x1,5 mm strmě růst. Na grafu č .4 lze vidět výrazný nárůst cen při větších dimenzích potrubí. (Aktuální ceny 2017) [26]



Graf 4 Cena měděného potrubí (2017)

Zdroj: [26]

Na světlosti potrubí závisí také tloušťka tepelné izolace. U solárních soustav je doporučeno zvolit tloušťku tepelné izolace rovnou průměru potrubí, což také obecně odpovídá požadavkům vyhlášky na instalace tepelných izolací rozvodů tepelných soustav. Nejběžněji používaná izolace ve venkovních prostorách je EPDM kaučuková izolace, která je nenasákavá, odolná UV záření a teplotám až do výše 175 °C a minerální odolné až do teplot 280 °C, izolující nejčastěji velké světlosti potrubí. I když cena minerální izolace je především pro větší světlosti potrubí velmi příznivá, je vhodné tyto izolace použít pouze pro vnitřní rozvody. U venkovních izolací by v tomto případě hrozilo znehodnocení vlhkostí. Růst ceny izolací roste stejně jako u měděného potrubí s narůstajícím rozměrem. [27]

13.5 Ostatní

Ostatní položky jako jsou oběhová čerpadla, expanzní nádrže, regulátory, měřicí zařízení, zabezpečovací prvky apod. nenavyšují příliš výši investice.

13.6 Sumarizace

Jak již bylo řečeno, pro stanovení konkrétní výše investice na solární ohřev bazénové vody v KB Orlová, je zapotřebí mít kompletní projektovou dokumentaci. Zároveň však obecně platí, že čím větší je solární soustava, tím nižší jsou měrné investiční náklady na solární soustavu vztahované na 1 m² instalované plochy solárních kolektorů a tím více celkové náklady závisí na ceně termického kolektoru. U malých soustav (instalace na rodinných domech) tvoří kolektory 30 až 40 % ceny instalace a měrné náklady se pohybují kolem 25 až 30 tisíc Kč/m². U větších solárních soustav nad 50 m² kolektorové plochy tvoří cena panelů téměř 50 % a měrné náklady mohou klesnout na 15 až 20 tisíc Kč/m². Jelikož byla nosná konstrukce řešena jako samostatný investiční celek, lze tuto cenu brát na nižší hodnotě. Odhad nákladů solární soustavy tedy činí při 86 ks kolektorů (215 m²) 3 225 000 Kč. Odhadovaná výše nákladů na stavební práce činí přibližně 1 500 000 až 2 000 000 Kč.

**Celková cena na instalaci solárního systému bude v maximální částce
5 225 000 Kč.**

14. Provozní náklady

Pro zajištění bezproblémového chodu celé solární soustavy, je zapotřebí vynaložit určité provozní náklady, které působí proti úsporám získaných z ní. Patří mezi ně především náklady na pomocnou energii pro pohon solární soustavy, servisní náklady na obsluhu a údržbu zařízení, případné opravy, náklady na pojištění apod. Obecně platí, že čím větší je solární soustava, tím je měrná cena provozních nákladů vztahována na zisky z termické soustavy nižší.

Náklady spojené se spotřebou elektrické energie, vynaložené pro pohon a plynulý provoz solární soustavy (oběhová čerpadla, regulační zařízení apod.), se v dnešní době energeticky úsporných čerpadel, pohybují okolo 0,3 % z celkového tepelného zisku solární soustavy.

Roční servisní náklady se mohou odhadnout v přibližné výši 0,3 – 0,5 % z celkových investičních nákladů na pořízení soustavy. V tomto případě se jedná o částku 10 000 – 16 000 Kč. V návaznosti na kvalitu výrobků a provedení se tudíž tato částka může odhadovat ve výši **12 000 Kč/rok**. Tento podíl je podstatně nižší než u konvenčních zdrojů tepla, neboť opotřebení solární soustavy za standardních provozních podmínek je výrazně nižší. Čím větší je solární soustava, tím je procento servisních nákladů nižší.

K dalším provozním nákladům bude patřit výměna akumulčních nádrží, expanzních zařízení, oběhových čerpadel apod. kde se životnost pohybuje okolo 20 let, což výrazně překračuje předpokládanou dobu ekonomické návratnosti investice.

15. Energetické zisky solární soustavy

Aby bylo možno zjistit ekonomické úspory dosažené instalací solárního ohřevu bazénové vody, je zapotřebí znát roční využitelné tepelné zisky, které nahradí současný zdroj energie. Ty vypočteme z původní spotřebované tepelné energie z elektrárny Dětmárovice a získané energie ze solárního systému.

	Potřeba tepla [GJ/rok]	Potřeba tepla [MWh/rok]	Cena za teplo (570 Kč/GJ)	Získané teplo ze solární soustavy [MWh/rok]	Cena tepla získané ze solární soustavy (570 Kč/GJ)
Pole č. 1 (Velký bazén)	209,6	58,22	119 472 Kč	33,6	68 947 Kč
Pole č. 2 (Víř. + brouzd.)	369,3	102,57	210 501 Kč	61,4	125 993 Kč
Celkem	578,9	160,79	329 973 Kč	95,0	194 940 Kč

Tab. 18 Energetické zisky a úspory solárního systému

Roční úspora za tepelnou energii ze solární soustavy činí přibližně **195 000 Kč**. Náklady na tepelnou energii z elektrárny Dětmárovice bude tedy:

$$330\,000 - 195\,000 = 135\,000 \text{ Kč}$$

Nejpřesnější výpočty tepelných zisků nerealizované solární soustavy se provádí pomocí počítačových simulací. V našem případě byly veškeré výpočty vyhodnoceny na základě účinnostní charakteristiky kolektorů, která je velice přesná.

Celkově vyčíslena hodnota energetických zisků v úrovni 160,78 MWh, činí po převodu 578,8 GJ. Toto množství představuje přibližně 59,1 % z celkové potřeby tepla pro ohřev vody.

16. Návratnost investičních nákladů

Nejjednodušším typem ekonomické analýzy investičních nákladů do solárního systému je tzv. prostá doba návratnosti. Tento typ nezohledňuje skutečnou časovou hodnotu peněz,

proto je vypovídací schopnost této analýzy zkreslená a používá se pouze pro orientační vyhodnocení záměru investice.

Přesnější analýzou investic je diskontovaná doba návratnosti. Ta uvažuje výnosové míry a předpokládá tempo růstu ceny nahrazovaného zdroje energie. Tak lze získat reálnější dobu návratnosti s lepší vypovídací schopností než prostá doba návratnosti. Reálná doba návratnosti τ_d je definována jako doba (konkrétní rok), kdy skutečný výnos pokryje počáteční investici podle podmínky:

$$\sum_{t=1}^{\tau_d} RU \frac{(1+p)^t}{(1+r)^t} = IN$$

IN – investiční náklady [Kč]

RU – roční úspora nákladů (solárním systémem) [Kč]

p – tempo růstu cen energie

r - diskontní (výnosová) míra

t – doba [roky]

Pro výpočet návratnosti investice byl použit program “Finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic”, dostupný na portálu TZB-info. [28]

Základní parametry investice			
Doba životnosti projektu	40	[počet let]	???
Celková investice do zařízení	5225000	[Kč]	???
Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???			
Úvěr (vypůjčená částka)	0	[Kč]	
Úroková sazba	0	[%]	
Doba splácení úvěru	0	[počet let]	
Roční výnos z provozovaného zařízení ???			
Roční výnos z pořízovaného zařízení	195000	[Kč]	
Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení	7	[%]	
Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???			
	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]	
č. 1	12000	0	
č. 2	0	0	
Doplňkové parametry investice			
Diskont - výnos alternativní investice	3	%	???
Bude se danit zisk z projektu? ???	<input checked="" type="radio"/> Ne <input type="radio"/> Ano		
<input type="button" value="Vypočítat"/>			
VÝSLEDKY			
NPV - čistá současná hodnota projektu:	12001420 Kč ???		
Roční ekvivalentní finanční toky investice:	519210 Kč ???		
Doba návratnosti:	16 let ???		
Diskontovaná doba návratnosti:	20 let ???		
IRR - vnitřní výnosové procento investice:	9 % ???		

Obr. 16 Finanční kalkulátor pro hodnocení investic

Zdroj: [28]

Závěrem vyplývá, že doba návratnosti investice je 16 let, a diskontovaná doba návratnosti je 20 let. Tyto údaje jsou reálné, ale musíme počítat také s možností dotace, což by nám razantně dobu návratnosti snížilo.

16. 1. 1 Dotační možnosti

Investiční náklady mohou být sníženy dotační podporou. Existuje mnoho dotačních možností ať už z Evropské unie nebo z České republiky. U nás jsou veřejné podpory buď formou paušálního příspěvku na solární soustavy, vztaženou na 1 m² kolektorové plochy apod. nebo ve formě procenta z investičních nákladů. Výše podpor je různá a poměrně často se mění.

Žádat lze o podporu v Operačním programu Životní prostředí (OPŽP) pro období 2014 až 2020. Cílem podpory je zvýšit využití obnovitelných zdrojů energie při výrobě tepla nebo elektřiny a snížit energetickou náročnost v oblasti veřejných budov. Podpora je

poskytována formou dotace nebo zvýhodněného úvěru v maximální výši 40 % z celkových způsobilých výdajů. [29]

17. Závěr

Cílem této diplomové práce byl návrh solárního systému na ohřev bazénové vody v krytém bazénu Orlové – Lutyni.

Teoretická část se zabývá obecnými poznatky o slunečního záření a možnostmi jeho technického využití pro ohřev vody. Základem bylo přiblížit rozdělení využití solárních systémů a provést rozbor hlavních aspektů ovlivňující výkon termických kolektorů.

Na teoretickou část navazuje popis současného stavebního a provozního stavu bazénu. KB Orlová je v provozu celoročně s výjimkou jednoho týdne v měsíci září, kdy je zapotřebí provést generální očistu. Ke koupání jsou k dispozici tři vodní celky, a to velký bazén s teplotou vody 29 °C, vířivka a dětské brouzdaliště s teplotou vody 33 °C. U velkého bazénu je zapotřebí v průměru denně vyměnit 7,61 m³ vody, které pro ohřev spotřebují 159,5 kWh tepelné energie. Vířivá vana a brouzdaliště potřebují kompletně obměnit vodu každý den a k ohřevu nové vody se spotřebuje 281 kWh tepelné energie.

V úvodu praktické části byla navržena základní struktura solárního systému a výpočet charakteristické účinnosti kolektoru na základě hodinových údajů o slunečním záření. Byl vybrán velkoplošný kolektor TS 500 a solární soustava se rozdělila na 2 části. Systém č. 1, ohřev velkého bazénu, bude probíhat přes deskový výměník bez následné akumulace do nádrží. Na základě spotřeby tepelné energie byl navržen systém o 30 kolektorech rozdělených do 6 polí po 5 kolektorech. Potřeba tepla za celý rok činí 58,2 MWh přičemž solární soustava vyrobí 33,6 MWh a tím pokryje 57,8 % celkové roční potřeby tepelné energie pro ohřev velkého bazénu. Potrubí bude svedeno do technické místnosti v severní části bazénu. Ohřev vířivky a brouzdaliště byl seskupen do jednoho solárního systému č. 2. Zde je zapotřebí ohřátou vodu přes den akumulovat v nádrži a následně při večerní obměně využít. Na základě potřeby energie byl navržen systém o 56 kolektorech rozdělených do 8 polí po 7 kolektorech. Potřeba tepla za celý rok činí 102,6 MWh, přičemž solární systém vyrobí 61,4 MWh a tím pokryje 59,9 % celkové roční potřeby tepelné energie pro ohřev vířivky a brouzdaliště. Celkový zisk obou systémů činí 95 MWh a pokryje tak 59,1 % celkové potřeby tepla. Tím se ušetří až 195 000 Kč nákladů na energii pro ohřev bazénové vody.

Na závěr bylo provedeno ekonomické a environmentální zhodnocení celého návrhu. Předběžný odhad investičních nákladů činí 5 225 000 Kč. Vypočtená doba návratnosti investice je 16 let, bez využití dotačních možností.

Výsledkem práce je kompletní návrh solárního systému s ekonomickým a environmentálním zhodnocením. Byl proveden kompletní popis všech potřebných komponentů s podrobnějším návrhem hydrauliky potrubí včetně výkresové dokumentace.

Seznam použité literatury:

Knihy:

- [1] KLECZEK, Josip. *Energie ve vesmíru a ve službách lidí*. Praha: Albatros, 2002. Oko (Albatros). ISBN 80-00-01060-7.
- [2] LADENER, Heinz a Frank SPÄTE. *Solární zařízení*. Praha: Grada, 2003. Stavitel. ISBN 80-247-0362-9.
- [3] MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům*. Brno: Computer Press, 2010. Stavíme. ISBN 978-80-251-3241-8.
- [4] REMMERS, Karl-Heinz. *Velká solární zařízení: úvod k navrhování a provozu*. Brno: ERA, 2007. Technická knihovna (ERA). ISBN 978-80-7366-110-6.
- [5] MATUŠKA, Tomáš. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009. Sešit projektanta - pracovní podklady. ISBN 978-80-02-02186-5.
- [6] KRAMOLIŠ, Petr a VRTEK, Mojmír. *Tabulky pro stanovení hydraulické ztráty třením v kruhovém potrubí a hydraulické ztráty místními odpory při proudění teplotonosné kapaliny SOLAREN*. Praha: Technické vydavatelství, 2004. ISBN 80-903261-1-0.

Zákony:

- [7] Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch

Internetové stránky:

- [8] BRILON a.s. *Technické informace Thermomax* [online]. In: . 2014, s. 15 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: <http://www.varisol.cz/cz/dokumentace>
- [9] VRTEK, Mojmír. Efektivní hospodaření s energiemi: Tepelné solární systémy – Rozdělení systémů Pasivní systémy. [online]. 12. září 2016. [cit. 12-12-2016]. Dostupné z: http://fs1.vsb.cz/361/vyuka/vrt/AOZE/AOZE_FAST/. VŠB - Technická Univerzita Ostrava.
- [10] VRTEK, Mojmír. Efektivní hospodaření s energiemi: Tepelné solární systémy – 2 aktivní systémy. [online]. 12. září 2016. [cit. 12-12-2016]. Dostupné z:

http://fs1.vsb.cz/361/vyuka/vrt/AOZE/AOZE_FAST/. VŠB - Technická Univerzita Ostrava.

- [11] Where is Solar Power Used the Most [online]. In: . 2014 [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <http://energyinformative.org/where-is-solar-power-used-the-most/>
- [12] Sluneční energie [online]. In: . [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <https://energetika.plzen.eu/alternativni-zdroje-energie/slunecni-energie/>
- [13] KRAJMEROVÁ, Magdaléna. Bojler, solární ohřev vody, nebo průtokový ohřívač?: Solární ohřev vody [online]. In: . 2009 [cit. 2016-11-18]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/energie-a-vytapeni/bojler-solarni-ohrev-vody-nebo-prutokovy-ohrivac/>
- [14] ELMES, Stuart. Bathing in Sunshine - Solar Heating for Swimming Pools: ow do you Heat a Swimming Pool with Solar Panels? [online]. In: . 2013 [cit. 2016-11-18]. Dostupné z: <http://www.solarblogger.net/2012/07/bathing-in-sunshine-solar-heating-for.html>
- [15] SMO, městská akciová společnost Orlová. O bazénu [online]. In: . [cit. 2016-12-14]. Dostupné z: <http://www.bazen-orlova.cz/index.php/o-spolecnosti>
- [16] Teplárenské sdružení České republiky. Dálkové vytápění - ekologické teplo bez starostí [online]. In: . 2016 [cit. 2017-01-20]. Dostupné z: <http://www.naseteplo.cz/?id=1005>
- [17] AGAFONKIN, Vladimir. Suncalc [online]. In: . 2009 [cit. 2017-01-21]. Dostupné z: <http://suncalc.net/#/49.8707,18.4229,18/2017.05.01/22:37>
- [18] THERMO/SOLAR Žiar s.r.o. Plochy termický kolektor TS500: Veľkoplošný variant najpredávanejšieho vaňového kolektora overený rokmi používania [online]. In: . [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.thermosolar.sk/ts500-6/>
- [19] SMO, městská akciová společnost Orlová. Krytý bazén po rekonstrukci [online]. In: . [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.bazenorlova.cz/index.php/component/content/article?id=133>
- [20] MATUŠKA, Tomáš. Problematika stagnace u solárních tepelných soustav (I): STAGNAČNÍ TEPLOTA [online]. In: . 2006 [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3462-problematika-stagnace-u-solarnich-tepelnych-soustav->

- [21] SMO, městská akciová společnost Orlová. WHIRPOOL [online]. In: . [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.bazen-orlova.cz/index.php/component/content/article?id=75>
- [22] SMO, městská akciová společnost Orlová. WHIRPOOL [online]. In: . [cit. 2017-02-25] Dostupné z: <http://www.bazen-orlova.cz/index.php/component/content/article?id=72>
- [23] LABOUTKA, Karel a Tomáš SUCHÁNEK. Hodnoty součinitelů místních ztrát - zdroje tepla a základní tvarovky potrubí [online]. In: . [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/21-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-zdroje-tepla-a-zakladni-tvarovky-potrubí>
- [24] VELVANA. SOLAREN® P PLUS -30°C [online]. In: . [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://www.velvana.cz/produkt/solaren-p-plus-30-c>
- [25] KONEKO spol. s.r.o. Emisní faktory při výrobě elektrické energie v ČR. In: Wwv.emise.cz [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.emise.cz/userdata/file/Emisn%C3%AD%20faktory%20-%20elekt%C5%99ina.pdf>
- [26] PROFI - UNION, spol. s r.o. Měděné trubky [online]. In: . [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/medene-trubky-c1336/>
- [27] PROFI - UNION, spol. s r.o. Tepelná izolace [online]. In: . [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/tepelna-izolace-c1666/>
- [28] CHADIM, Tomáš. Tabulky a výpočty: Finanční kalkulačtor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic [online]. In: . [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financni-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic>
- [29] Envipartner s r.o. PODPOROVANÉ OBLASTI: Energetické úspory [online]. In: . [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://www.opzp2014-2020.cz/podporovane-oblasti#osa-5>
- [29] VRTEK, Mojmír. *Klimatologické údaje: Data METEONORM* [online]. [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: http://fs1.vsb.cz/361/vyuka/vrt/Klimatologicke_udaje/. VŠB - Technická Univerzita Ostrava.

- [30] VRTEK. *Efektivní hospodaření s energiemi: Ekologický přínos solárních systémů* [online]. In: 2016, s. 9 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: http://fs1.vsb.cz/361/vyuka/vrt/AOZE/AOZE_FAST/AOZE_Solarni_Systemy_Vrtek7_ekologie.pdf/. VŠB - Technická Univerzita Ostrava.

Seznam tabulek:

Tab. 1 Výkony zářivé energie a podíl difúzního zařízení při různých podmínkách

Tab. 2 Nastavení kolektorových polí Orlová

Tab. 3 Spotřeby tepelné energie pro ohřev bazénové vody

Tab. 4 Návštěvnost bazénu

Tab. 5 Hodnoty pro ohřev velkého bazénu

Tab. 6 Hodnoty pro výpočet ohřevu velkého bazénu

Tab. 7 Hodinové hodnoty výkonu pro kolektorové pole velkého bazénu

Tab. 8 Vypočtené hodnoty kolektorového pole

Tab. 9 Energetické zisky solární soustavy č. 1 (velký bazén)

Tab. 10 Potřeba tepla pro ohřev vířivky a brouzdaliště

Tab. 11 Energetické zisky solární soustavy č. 2 (vířivka a brouzdaliště)

Tab. 12 Získaná energie z rekuperace tepla

Tab. 13 Energetické zisky solární soustavy č. 3 (rekuperace tepla)

Tab. 14 Balance energetických zisků systém č. 1 a 2

Tab. 15 Počet kolektorů a kolektorových polí

Tab. 16 Emisní faktory elektráren

Tab. 17 Množství ušetřených emisí termickou soustavou

Tab. 18 Energetické zisky a úspory solárního systému

Seznam obrázků:

Obr. 1 Rozvrstvení hodnot slunečního záření dopadajícího na Zemi

Obr. 2 Schéma technického využití solárního záření

Obr. 3 Použití solárního ohřevu pro částečné vytápění

Obr. 4 Využití solárního ohřevu bazénové vody

Obr. 5 Ideální sklon a orientace termického kolektoru

Obr. 6 Minimální vzdálenosti kolektorových polí

Obr. 7 Krytý bazén Orlová

Obr. 8 Dodávka tepla ve městě Orlová

Obr. 9 Rozvržení slunečního svitu KB Orlová

Obr. 10 Kolektor TS 500

Obr. 11 Velký bazén

Obr. 12 Stagnační teplota z průsečíku křivky účinnosti

Obr. 13 Vířivá vana

Obr. 14 Dětské brouzdaliště

Obr. 15 Trubkový výměník

Obr. 16 Finanční kalkulátor pro hodnocení investic

Obr. 17 Bazén Orlová přední (jižní) část

Obr. 18 Bazén Orlová severní část

Obr. 19 Technická místnost, suterén, severní část

Obr. 20 Technická místnost jižní část (vzduchotechnika)

Obr. 21 Technická místnost (jižní část)

Obr. 22 Akumulační nádrž brouzdaliště

Seznam grafů:

Graf 1 Bilance tepelné energie solární systém č. 1 (velký bazén)

Graf 2 Bilance tepelné energie systém č. 2 (vířivka a brouzdaliště)

Graf 3 Bilance tepelné energie systém č. 3 (využití rekuperace tepla)

Graf 4 Cena měděného potrubí (2017)

Seznam příloh:

Příloha č. 1 Fotodokumentace KB Orlová

Příloha č. 2 Technický list plochého kolektoru TS 500

Příloha č. 3 Keymark certifikát TS 500

Příloha č. 4 Schéma kolektorových polí

Příloha č. 5 Výpočtový list trubkového výměníku Secespol

Příloha č. 6 Výkresová dokumentace

Příloha č. 1 Fotodokumentace krytého bazénu Orlová



Obr. 17 Bazén Orlová přední (jižní) část



Obr. 18 Bazén Orlová severní část



Obr. 19 Technická místnost, suterén, severní část



Obr. 20 Technická místnost jižní část (vzduchotechnika)



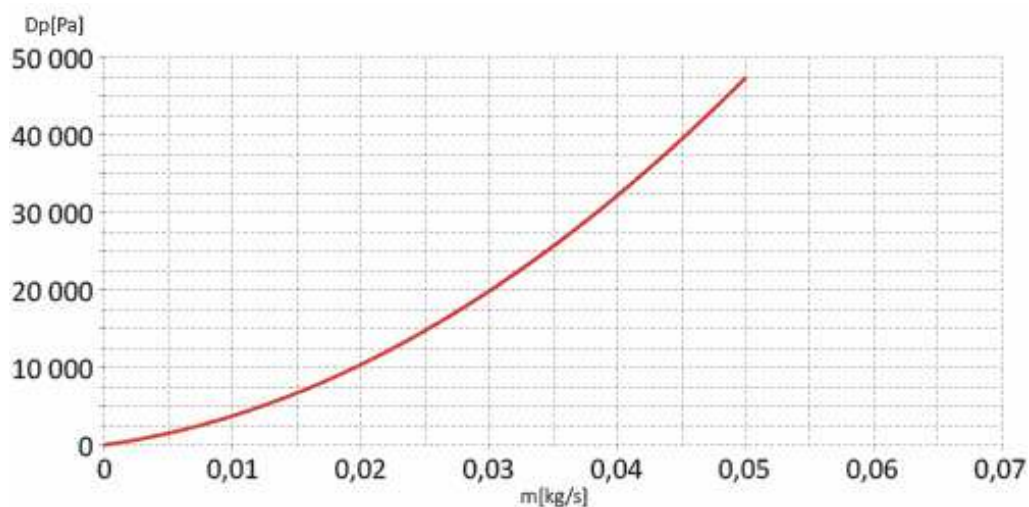
Obr. 21 Technická místnost (jižní část)



Obr. 22 Akumulační nádrž brouzdaliště

Příloha č. 2 Technický list plochého kolektoru TS 500

Plochý kolektor TS500	
Rozmer	2 009 x 1 290 x 74 mm
Pôdorysná plocha	2,53 m ²
Absorpčná plocha	2,26 m ²
Apertúrna plocha	2,26 m ²
Spájací rozmer	1 290 mm
Hmotnosť	44,6 kg
Kvapalinový obsah	1,72 l
Maximálny pretlak teplotosnej kvapaliny	600 kPa
Odporúčaný prietok teplotosnej kvapaliny	30-100 l/h na jeden kolektor
Pripájacie vývody	<ul style="list-style-type: none"> • prevlečné matice 3/4" • prírubové ø26mm
Puzdro teplotného senzora	pre senzor ø6 mm
Krycie sklo	solárne bezpečnostné, hrúbka 4 mm
Skriňa kolektora	výlisok z nekorodujúceho Al-Mg plechu
Tepelná izolácia	minerálna, hrúbka 40 mm
Selektívna konverzná vrstva	ALOX (čierny)
Slnčná absorbitivita $a_{AM1.5}$	95%
Tepelná emisivita $\epsilon_{82^{\circ}\text{C}}$	13% ALOx
Optická účinnosť	81%
Odporúčaná prac. teplota	pod 100°C
Stagnačná teplota, (1000 W/m ² , 30°C)	196°C
Max. výkon kolektora (1000 W/m ²)	1 828 W



Příloha č. 3 Keymark certifikát TS 500



TECHNICKÝ SKÚŠOBNÝ
ÚSTAV PIEŠŤANY, s.p.

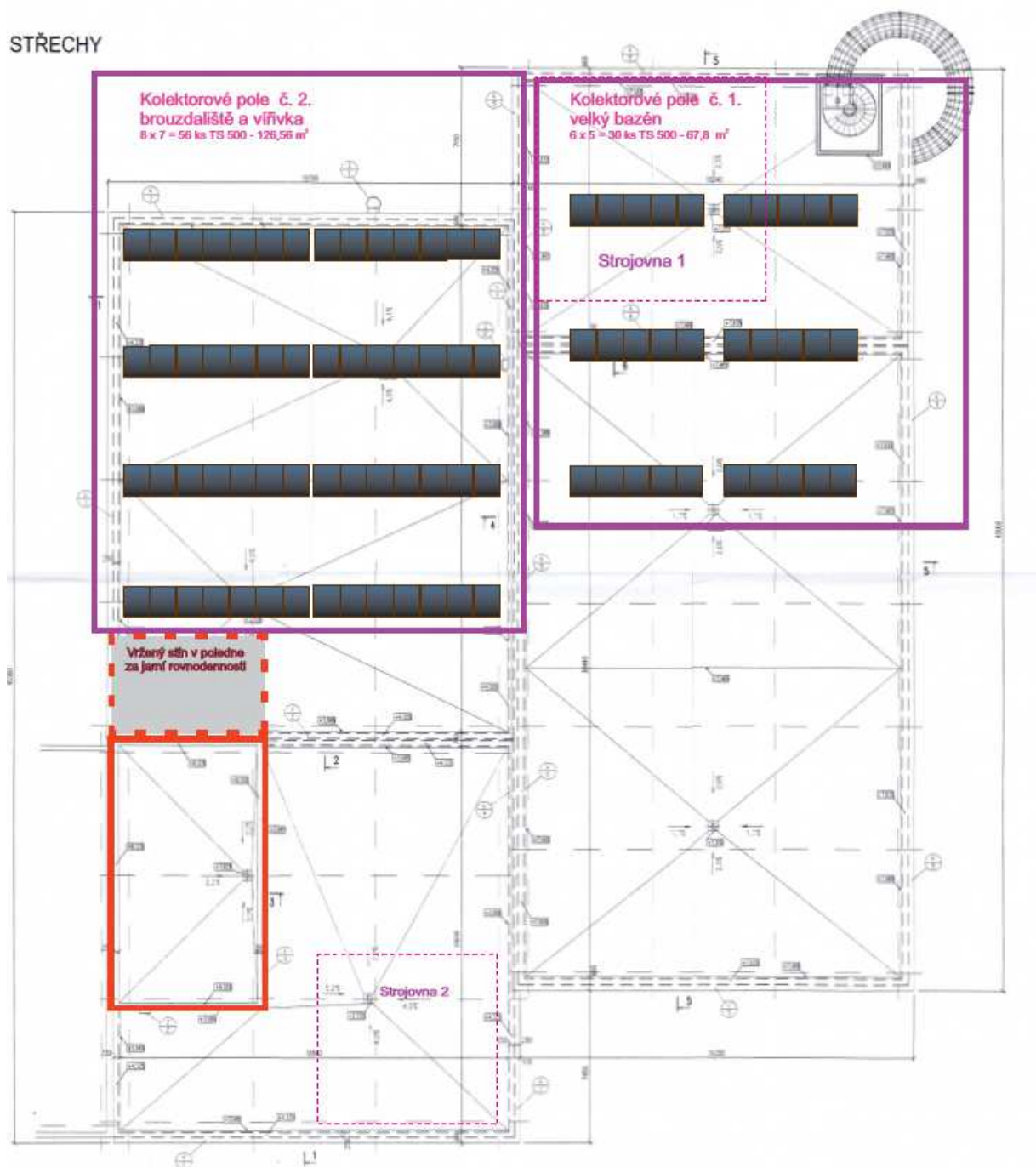
Page 1/2

Annex to Solar Keymark Certificate - Summary of EN ISO 9806:2013 Test Results						Licence Number		TSU 010-12			
						Date issued		2016-10-03			
						Issued by		TSU Piešťany, s.p.			
Licence holder		THERMO/SOLAR Žiar s.r.o.				Country		Slovak republic			
Brand (optional)						Web		www.thermosolar.sk			
Street, Number		Na vartičke 14				E-mail		info@thermosolar.sk			
Postcode, City		965 01 Žiar nad Hronom				Tel		+421 (0)456016080			
Collector Type						Flat plate collector, glazed					
Collector name		Gross area (A_g) m ²	Gross length mm	Gross width mm	Gross height mm	Power output per collector G _b = 850 W/m ² ; G _d = 150 W/m ² θ _m - θ _a					
						0 K W	10 K W	30 K W	50 K W	70 K W	90 K W
TS 300		2,03	2 009	1 009	75	1 445	1 379	1 234	1 074	899	708
TS 250		2,03	2 009	1 009	75	1 445	1 379	1 234	1 074	899	708
TS 500		2,53	2 009	1 259	75	1 801	1 719	1 538	1 339	1 120	883
Power output per m ² gross area						712	679	608	529	443	349
Performance parameters test method		Steady state - outdoor									
Performance parameters (related to AG)		η _{0,hem}	a1	a2							
Units		-	W/(m ² K)	W/(m ² K ²)							
Test results		0,712	3,180	0,010							
Incidence angle modifier test method		Steady state - outdoor									
Bi-directional incidence angle modifiers		No									
Incidence angle modifier		Angle	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Transversal		K _{tr, coll}					0,95				0,00
Longitudinal		K _{li, coll}					0,95				0,00
Heat transfer medium for testing		Water									
Flow rate for testing (per gross area, A_g)		dm/dt			0,010			kg/(sm ²)			
Maximum temperature difference for thermal performance calculations		(θ _m - θ _a) _{max}			90			K			
Standard stagnation temperature (G = 1000 W/m ² ; θ _a = 30 °C)		θ _{sta}			196			°C			
Effective thermal capacity, incl. fluid (per gross area, A_g)		C/m ²			6,32			kJ/(K m ²)			
Maximum operating temperature		θ _{max, op}			100			°C			
Maximum operating pressure		p _{max, op}			600			kPa			
Testing laboratory		Technický skúšobný ústav Piešťany, s.p.									
Test report(s)		110700001/1/PQ				http://www.tsu.sk					
		120700004/1/P				Dated		30.9.2011			
		120700004/2/P						3.12.2012			
								3.12.2012			
Comments of testing laboratory						Datasheet version: 5.01, 2016-03-01					
Performance parameters - complete re-evaluation of the test data of the previous test (according to EN 12975-2:2006) taking into account gross area.											
<p align="center">Technický skúšobný ústav Piešťany, s.p.</p> <p align="center">Address: Krajinská cesta 2929/9, 92101 Piešťany, Slovak Republic</p> <p align="center">Phone: +421 33 79 57 111, Fax: +421 33 77 23 716, E-mail: sv@tsu.sk, web: www.tsu.eu</p>											

Annex to Solar Keymark Certificate										Licence Number			TSU 010-12		
Supplementary Information										Issued			2016-10-03		
Annual collector output in kWh/collector at mean fluid temperature $\bar{\theta}_m$, based on ISO 9806:2013 test results															
Standard Locations		Athens			Davos			Stockholm			Würzburg				
Collector name	$\bar{\theta}_m$	25°C	50°C	75°C	25°C	50°C	75°C	25°C	50°C	75°C	25°C	50°C	75°C		
TS 300		2 335	1 707	1 164	1 793	1 277	843	1 319	888	563	1 432	961	599		
TS 250		2 335	1 707	1 164	1 793	1 277	843	1 319	888	563	1 432	961	599		
TS 500		2 910	2 127	1 451	2 235	1 591	1 051	1 644	1 107	702	1 785	1 198	746		
Annual output per m ² gross area		1 150	841	573	883	629	415	650	437	277	705	474	295		
Fixed or tracking collector		Fixed (slope = latitude - 15°; rounded to nearest 5°)													
Annual irradiation on collector plane		1765 kWh/m ²			1714 kWh/m ²			1166 kWh/m ²			1244 kWh/m ²				
Mean annual ambient air temperature		18,5°C			3,2°C			7,5°C			9,0°C				
Collector orientation or tracking mode		South, 25°			South, 30°			South, 45°			South, 35°				
The collector is operated at constant temperature $\bar{\theta}_m$ (mean of in- and outlet temperatures). The calculation of the annual collector performance is performed with the official Solar Keymark spreadsheet tool Scenocalc Ver. 5.01 (March 2016). A detailed description of the calculations is available at www.solarkeymark.org/scenocalc															
Additional Information															
Collector heat transfer medium										Water-Glycole					
Hybrid Thermal and Photo Voltaic collector										No					
The collector is deemed to be suitable for roof integration										No					
The collector was tested successfully according to EN ISO 9806:2013 under the following conditions:															
Climate class (A, B or C)										C			--		
Maximum tested positive load										1000			Pa		
Maximum tested negative load										1000			Pa		
Hail resistance using steel ball (maximum drop height)													m		
Energy Labelling Information															
	Reference Area A_{ref} (m ²)	Data required for CDR (EU) No 811/2013 - Reference Area A_{ref}													
TS 300	2,03	Collector efficiency (η_{col})										57	%		
TS 250	2,03	Remark: Collector efficiency (η_{col}) is defined in CDR (EU) No 811/2013 as collector efficiency of the solar collector at a temperature difference between the solar collector and the surrounding air of 40 K and a global solar irradiance of 1000 W/m ² , expressed in % and rounded to the nearest integer. Deviating from the regulation η_{col} is based on reference area (A_{ref}) which is aperture area for values according to EN 12975-2 or gross area for ISO 9806:2013.													
TS 500	2,53														
		Data required for CDR (EU) No 812/2013 - Reference Area A_{ref}													
		Zero-loss efficiency (η_0)										0,712	--		
		First-order coefficient (a_1)										3,18	W/(m ² K)		
		Second-order coefficient (a_2)										0,010	W/(m ² K ²)		
		Incidence angle modifier IAM (50°)										0,95	--		
		Remark: The data given in this section are related to collector reference area (A_{ref}) which is aperture area for values according to EN 12975-2 or gross area for ISO 9806. Consistent data sets for either aperture or gross area can be used in calculations like in the regulation 811 and 812 and simulation programs.													
Technický skúšobný ústav Piešťany, s.p.															
Address: Krajinská cesta 2929/9, 92101 Piešťany, Slovak Republic															
Phone: +421 33 79 57 111, Fax: +421 33 77 23 716, E-mail: sv@tsu.sk , web: www.tsu.eu															

Příloha č. 4 Schéma kolektorových polí

STŘECHY



Příloha č. 5 Výpočtový list trubkového výměníku Secespol

SECESPOL - VÝPOČTOVÝ LIST VÝMĚNÍKU TEPLA



Nabídka
Číslo výpočtu
Vypracoval/Datum
Typ výměníku tepla
Katalogové číslo
Celkový počet výměníků
Počet ks sériově/paralelně

08.04.2017
JAD K 26.480 FF.STA.CS
0165-0013
1
1/1

NÁVRHOVÉ HODNOTY:

	Strana 1 - Trubky	Strana 2 - Plášť	
Výkon	244,3		kW
LMTD	5,6		°C
Min. rezerva	0		%
Médium	Water	Water	
Vstupní teplota	33,0	10,0	°C
Výstupní teplota	12,0	21,0	°C
Hmotnostní průtok	2,77	5,29	kg/s
Objemový průtok vstup	10,02	19,08	m³/h
Objemový průtok výstup	10,00	19,08	m³/h
Max. tlaková ztráta	25,0	27,0	kPa
Návrhový tlak	0,3	0,3	MPa
Návrhová teplota	33	21	°C

VYBRANÝ VÝMĚNÍK TEPLA:

(Standardní výpočet)

	Strana 1 - Trubky	Strana 2 - Plášť	
Teplosměnná plocha	77,4		m²
Faktor znečištění	0,1355		m²K/kW
k čistý	612,4		W/m²K
k znečištěný	565,5		W/m²K
Rezerva	8		%
Vypočt. tlak. ztráta	0,8	0,4	kPa
Tlaková ztráta na hrdle	0,0	0,0	kPa
Rychlost na hrdle	0,05	0,16	m/s
Vnitřní rychlost	0,15	0,18	m/s
Reynoldsovo číslo	1119	464	-
Koefic. přest. tep.	4241,8	733,2	W/m²K

FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI:

	Strana 1 - Trubky	Strana 2 - Plášť	
Médium	Water	Water	
Ref. teplota	22,5	15,5	°C
Hustota	998,50	998,92	kg/m³
Tepelný obsah	4,19	4,20	kJ/kgK
Tepelná vodivost	0,597	0,588	W/mK
Dyn. viskozita	0,0010	0,0011	Ns/m²
Prandtlovo číslo	6,70	8,18	-

SECESPOL - TECHNIKÝ LIST VÝMĚNÍKU TEPLA



Typ výměníku tepla JAD K 26.480 FF.STA.CS
Katalogové číslo 0165-0013

PRACOVNÍ PARAMETRY:

	Strana trubek	Strana pláště	
Maximální tlak	16	16	bar
Maximální teplota	203	203	°C
Minimální teplota	0	0	°C
Skupina média	2	2	

KONSTRUKČNÍ PARAMETRY:

Typ teplosměnné plochy	Vrbovaná trubka 8,0 mm
Teplosměnná plocha	77,4 m ²
Objem trubkovnice	154,7 l
Objem pláště	145,3 l
Hmotnost	661,0 kg
SKUPINA MATERIÁLŮ:	SS 18-10

STANDARDNÍ ZAPOJENÍ: (protiproud)

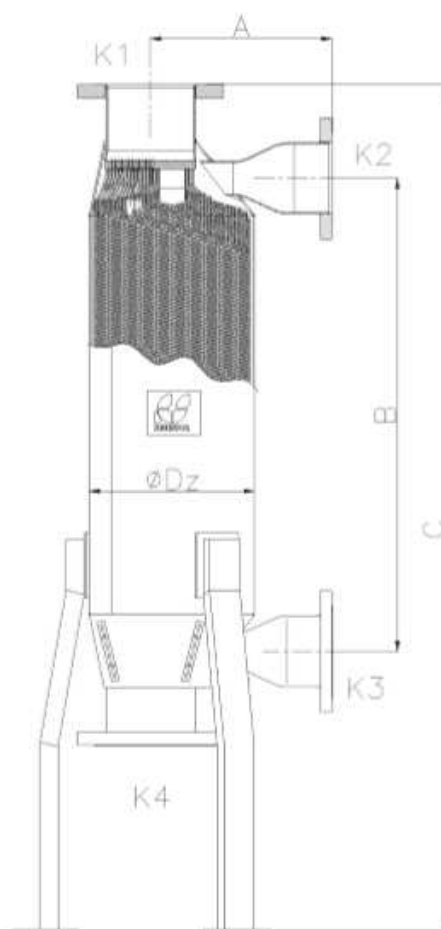
K1 - vstup topného média
K2 - výstup ohřívaného média
K3 - vstup ohřívaného média
K4 - výstup topného média

ROZMĚRY:

A	560,0	mm
B	1460,0	mm
C	2890,0	mm
Dz	508,0	mm

TYPY PŘIPOJENÍ:

K1 - Plochá příruba CS DN250 PN40 TYP 01B
K2 - Plochá příruba CS DN200 PN40 TYP 01B
K3 - Plochá příruba CS DN200 PN40 TYP 01B
K4 - Plochá příruba CS DN250 PN40 TYP 01B



Příloha č. 6 Hydraulický návrh potrubí

Přívodní potrubí do kolektorů (20 °C) Pole č.1

Úsek	Hmotnostní tok m [kg/hod.]	Průměr potrubí DN [mm]	Poměrná tlak. Ztráta R [Pa/m]	Rychlost proudění w [m/s]	Délka úseku L [m]	Místní ztráty d _{PZM} [Pa]	Celková ztráta d _{pZ} [Pa]
1p	150	18x1	162,18	0,23	5	203,5	1014,4
1p'	150	18x1	162,18	0,23	5	203,5	1014,4
2pp	150	18x1	162,18	0,23	0,2	71,3	103,7
2pp'	150	18x1	302,7	0,23	0,2	71,3	131,8
2p	300	18x1	324,2	0,39	4,8	120,6	1676,7
2p'	300	18x1	324,2	0,39	4,8	120,6	1676,7
3pp	150	18x1	162,18	0,23	0,2	71,3	103,7
3pp'	150	18x1	162,18	0,23	0,2	71,3	103,7
3p	450	22x1	199,26	0,38	4,8	108	1064,4
3p'	450	22x1	199,26	0,38	4,8	108	1064,4
4p	900	35x1,5	60,81	0,3	30	471,2	2295,5

Celkem 10249,8

Vratné potrubí (80 °C) pole č. 1

Úsek	Hmotnostní tok m [kg/hod.]	Průměr potrubí DN [mm]	Poměrná tlak. Ztráta R [Pa/m]	Rychlost proudění w [m/s]	Délka úseku L [m]	Místní ztráty d _{PZM} [Pa]	Celková ztráta d _{pZ} [Pa]
1vp	150	18x1	41,2	0,21	1,5	217,9	279,7
1vp'	150	18x1	41,2	0,21	1,5	217,9	279,7
1v	300	22x1	67,2	0,27	4,8	811,2	1133,7
2vp	150	18x1	41,2	0,21	1,5	217,9	279,7
2vp'	150	18x1	41,2	0,21	1,5	217,9	279,7
2v	600	28x1,5	63,8	0,34	4,8	232,6	538,8
3vp	150	18x1	41,2	0,21	1,5	217,9	279,7
3vp'	150	18x1	41,2	0,21	1,5	217,9	279,7
3v	900	35x1,5	48,8	0,31	4,8	424	658,2

Celkem 4009,1

Celkem ztráty = 10249,8 + 4009,1 = **14258,9 Pa**

Přívodní potrubí do kolektorů (20 °C) Pole č.2							
Úsek	Hmotnostní tok m [kg/hod.]	Průměr potrubí DN [mm]	Poměrná tlak. Ztráta R [Pa/m]	Rychlost proudění w [m/s]	Délka úseku L [m]	Místní ztráty dPZM [Pa]	Celková ztráta dpZ [Pa]
1p	280	18x1	302,7	0,37	5	203,5	1717
1p'	280	18x1	302,7	0,37	5	203,5	1717
2pp	280	18x1	302,7	0,37	0,2	71,3	131,8
2pp'	280	18x1	302,7	0,37	0,2	71,3	131,8
2p	560	22x1	247,9	0,47	4,8	120,6	1310,5
2p'	560	22x1	247,9	0,47	4,8	120,6	1310,5
3pp	280	18x1	302,7	0,37	0,2	71,3	131,8
3pp'	280	18x1	302,7	0,37	0,2	71,3	131,8
3p	840	28x1,5	151,9	0,46	4,8	108	837,1
3p'	840	28x1,5	151,9	0,46	4,8	108	837,1
4pp	280	18x1	302,7	0,37	0,2	71,3	131,8
4pp'	280	18x1	302,7	0,37	0,2	71,3	131,8
4p	1120	35x1,5	74,3	0,36	9,2	135,7	819,2
4p'	1120	35x1,5	74,3	0,36	9,2	135,7	819,2
5p	2240	42x2	105,72	0,49	35	471,2	4171,4
						Celkem	14330,2

Vratné potrubí (80 °C) pole č. 2							
Úsek	Hmotnostní tok m [kg/hod.]	Průměr potrubí DN [mm]	Poměrná tlak. Ztráta R [Pa/m]	Rychlost proudění w [m/s]	Délka úseku L [m]	Místní ztráty dPZM [Pa]	Celková ztráta dpZ [Pa]
1vp	280	18x1	173	0,38	1,5	217,9	477,4
1vp'	280	18x1	173	0,38	1,5	217,9	477,4
1v	560	22x1	199,3	0,49	4,8	811,2	1767,8
2vp	280	18x1	173	0,38	1,5	217,9	477,4
2vp'	280	18x1	173	0,38	1,5	217,9	477,4
2v	1120	35x1,5	58,6	0,34	4,8	232,6	513,8
3vp	280	18x1	173	0,38	1,5	217,9	477,4
3vp'	280	18x1	173	0,38	1,5	217,9	477,4
3v	1680	42x1,5	52	0,37	4,8	270,3	519,9
4vp'	280	18x1	173	0,38	1,5	217,9	477,4
4vp'	280	18x1	173	0,38	1,5	217,9	477,4
4v	2240	54x2	27,8	0,31	32,7	543,8	1333,1
						Celkem	7953,9

Celkem ztráty = 14330,2 + 7953,9 = **22284,1 Pa**